REVISTA

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

DE

MADRID

TOMO XVII: 2.º DE LA 2.ª SERIE

NÚMEROS 1, 2 Y 3: JULIO, AGOSTO Y SEPTIEMBRE DE 1918

SMITHSONIAN INSTITUTION
MAR 24 1928
NATIONAL MUSEUM

MADRID
IMPRENTA CLÁSICA ESPAÑOLA
GLORIETA DE CHAMBERÍ
1918

REVISTA

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

Artículo 117 de los Estatutos de la Academia

«La Academia no adopta ni rehusa las opiniones de sus individuos; cada autor es responsable de lo que contengan sus escritos.»

506.10

REVISTA

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

DE

MADRID

TOMO XVII

SEGUNDO DE LA 2.ª SERIE

287068

MADRID
IMPRENTA CLÁSICA ESPAÑOLA
FOTOGRABADO Y ENCUADERNACIÓN
GLORIETA DE CHAMBERÍ
1918

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

ACADÉMICOS DE NÚMERO

Excmo. Sr. D. Amós Salvador y Rodrigáñez, *Presidente*.
Carrera de San Jerónimo, 53.

Sr. D. Joaquín González Hidalgo, *Vicepresidente*.
Carmen, 6 y 8.

Excmo. Sr. D. Daniel de Cortázar.
Velázquez, 16,

Excmo. Sr. D. José Rodríguez Carracido, *Bibliotecario*.
Fernando VI, 10, pral.

Excmo. Sr. D. Francisco de P. Arrillaga, *Secretario*.
Valverde, 26.

Ilmo. Sr. D. Eduardo Torroja y Caballé.
Requena, 9.

Excmo. Sr. D. Juan Navarro Reverter.
Barquillo, 15.

Excmo. Sr. D. Lucas Mallada.
Marqués de Urquijo, 2.

Excmo. Sr. D. Santiago Ramón y Cajal.
Alfonso XII, 72.

Excmo. Sr. D. Pedro Palacios, *Tesorero*.
Monte Esquinza, 9.

Ilmo. Sr. D. Blas Lázaro e Ibiza, *Contador*.
Palafox, 19.

Excmo. Sr. D. José Muñoz del Castillo.
Quintana, 38.

Excmo. Sr. D. Leonardo de Torres y Quevedo.
Válgame Dios, 3.

Excmo. Sr. D. José María Madariaga, *Vicesecretario*.
Zurbano, 18.

Excmo. Sr. D. José Rodríguez Mourelo.
Piamonte, 14.

Excmo. Sr. D. José Marvá y Mayer.
Plaza de Santa Catalina de los Donados, 3.

Excmo. Sr. D. Rafael Sánchez Lozano.
Génova, 21.

Excmo. Sr. D. José Gómez Ocaña.
San Agustín, 7.

Sr. D. Vicente Ventosa y Martínez de Velasco.
Amnistía, 10.

Ilmo. Sr. D. Nicolás de Ugarte y Gutiérrez.
Plaza de la Antigua, 1, Guadalajara.

Excmo. Sr. D. Gustavo Fernández Bastos.
Claudio Coello, 30 y 32.

Ilmo. Sr. D. Vicente de Garcini.
Alarcón, 5.

Sr. D. Miguel Vegas.
Pez, 1.

Sr. D. Blas Cabrera.
Paseo de Martínez Campos, 1.

Sr. D. Enrique Hauser.
Zorrilla, 33.

Excmo. Sr. D. José Casares.
Plaza de Santa Catalina de los Donados, 2.

Sr. D. Luis Octavio de Toledo.
Velázquez, 28

Sr. D. Ignacio González Martí.
Hernán Cortés, 7.

Excmo. Sr. D. Joaquín María Castellarnau.
Velázquez, 11.

Sr. D. Augusto Krahe
Moreto, 7.

Excmo. Sr. D. Pedro de Avila y Zumarán.
Travesía de la Ballesta, 8.

Ilmo. Sr. D. Ignacio Bolívar.
Paseo de Martínez Campos, 17.

Excmo. Sr. D. Bernardo Mateo Sagasta.
San Marcos, 39.

Excmo. Sr. D. Ricardo Aranaz Izaguirre.
Lagasca, 38.

Sr. D. Cecilio Jiménez Rueda.
San Bernardo, 87.

Sr. D. Obdulio Fernández y Rodríguez.
Fuencarral, 51 duplicado.

La Academia está constituída en tres Secciones:

1.ª Ciencias exactas.—Sres. Navarro Reverter, *Presidente;* Vegas, *Secretario;* Arrillaga, Torroja, Torres Quevedo, Ventosa, Ugarte, Fernández Bastos, Garcini, Octavio de Toledo, Krahe y Jiménez Rueda.

2.ª Ciencias físicas.—Sres. Rodríguez Carracido, *Presidente;* Rodríguez Mourelo, *Secretario;* Salvador, Muñoz del Castillo, Madariaga, Marvá, Cabrera, Hauser, Casares, González Martí, Aranaz y Fernández y Rodríguez.

3.ª Ciencias naturales.—Sres. González Hidalgo, *Presidente;* Bolívar, *Secretario;* Cortázar, Mallada, Ramón y Cajal, Palacios, Lázaro, Sánchez Lozano, Gómez Ocaña, Castellarnau, Ávila y Sagasta.

ACADÉMICOS CORRESPONSALES NACIONALES

Sr. D. Andrés Poey. París.
Sr. D. Eduardo Boscá y Casanoves. Valencia.
Ilmo. Sr. D. Luis Mariano Vidal. Barcelona.
Sr. D. Zoel García de Galdeano. Zaragoza.
Sr. D. Eduardo J. Navarro. Málaga.
Excmo. Sr. D. Rafael Breñosa y Tejada. Segovia.
Sr. D. Juan Vilaró Díaz. Habana.
Excmo. Sr. D. Joaquín de Vargas y Aguirre. Salamanca.
Excmo. Sr. D. José J. Landerer. Valencia.
Sr. D. José Eugenio Ribera. Madrid.
Sr. D. Eugenio Mascareñas. Barcelona.
Sr. D. Tomás Escriche y Mieg. Barcelona.
Sr. D. Bernabé Dorronsoro. Granada.
Sr. D. Esteban Terradas. Barcelona.
Sr. D. Ventura Reyes Prósper. Toledo.
R. P. Longinos Navás, S. J. Zaragoza.
Sr. D. José M.ª Plans y Freire. Madrid.
Sr. D. Domingo de Orueta. Gijón.
Sr. D. Gonzalo Brañas. La Coruña.
Sr. D. Antonio de Gregorio Rocasolano. Zaragoza.

ACADÉMICOS CORRESPONSALES EXTRANJEROS

Anguiano (A.) Méjico.
Lemoine (V.) Reims (?).
Barrois (Ch.) Lille.
Hoonholtz, Barón de Teffé (A. L. de) Rio Janeiro (?).
Gomes Texeira (F.) Porto.
Príncipe de Mónaco (S. A. el) Mónaco.
Choffat (P.) Lisboa.
Arata (P. N.) Buenos Aires.
Carvallo (M.) París.
Eneström (G.) Estocolmo.
Ferreira da Silva (A. J.) Porto.
Pina Vidal (A. A. de) Lisboa.
Brocard (H.) Bar-le-Duc.
Ocagne (M d') París.
Romiti (G.) Pisa.
Wettstein Ritter von Westersheim (R.) Viena.

Engler (A.) Berlín.
Guedes de Quiroz, Conde de Foz (G.) Lisboa.
Rayleigh (Lord) Salisbury.
Arrhenius (S.) Estocolmo.
Castanheira das Neves (J.) Lisboa.
Pilsbry (E.) Filadelfia.
Porter (C. E.) Santiago de Chile.
Herrero Ducloux (E.) La Plata (República Argentina).
Chervin (A.) París.
Urbain (G.) París.
Moureu (C.) París.
Guye (F. A.) Ginebra.
Capellini (J.) Bolonia.
Sabatier (P.) Toulousse.
Campbell (G. W.) Mount Hamilton (California).
Damianovich (H.) Buenos Aires.

Estudio de los caracteres métricos y morfológicos del cuerpo de los peces

por

Luis Lozano y Rey

I

Las innumerables medidas que hemos tenido que practicar en miles de ejemplares de peces con motivo del estudio de la fauna ictiológica española, que nos ocupa actualmente, nos han puesto de continuo en evidencia las dificultades que se ofrecen al tomarlas y que radican tanto en la imperfecta determinación de los puntos y regiones que sirven de base para la medición del cuerpo de los peces, como en la diversidad de criterio que se observa en los procedimientos empleados y además en las deficiencias del material que al efecto se usa.

Sin tener, ni mucho menos, la pretensión de establecer modificaciones trascendentales, se nos ocurre emprender este trabajo, en el que, después de sintetizar lo que al respecto se deduce del estudio de las principales obras ictiológicas, intentamos metodizar a nuestro modo lo que se refiere al procedimiento métrico y a la determinación de los puntos y regiones que sirven de base para la medida; y, finalmente, como complemento, damos a conocer instrumentos o aparatos nuevos que puedan ser empleados para la obtención de medidas, gráficas y perfiles del cuerpo de los peces.

Utilidad de las medidas que pueden tomarse en el cuerpo de los peces para su determinación específica.—La distinción específica de los seres en general, y, por tanto, la de los peces, se establece en la actualidad por una asociación compleja de caracteres de índole diversa: de morfología externa, anatómicos, biológicos, etc.

Todas las manifestaciones de la constitución y del dinamismo de los seres son puestos a contribución, en cuanto es posible, para la investiga-

ción y descubrimiento de la unidad específica, y con no poca frecuencia ni aun así se logra un resultado satisfactorio, siendo innumerables las especies que la ciencia no ha logrado fijar todavía con la estabilidad sólo relativa a que ella puede aspirar, puesto que el concepto de especie tiene tal inconsistencia, que no sólo no se funda en una realidad permanente en la Naturaleza, sino que fluctúa entre las más variadas y hasta caprichosas opiniones de los individuos que sobre él discurren.

En la práctica ocurre casi siempre, por desgracia, que el naturalista se ve privado del conocimiento de toda clase de caracteres que no sean los puramente morfológicos externos, los cuales, con mayor motivo, por la ausencia de los otros, han de ser observados, escudriñados y aquilatados con la mayor prudencia y sagacidad.

Entre ellos suelen merecer mención especial, por ser a veces decisivos, o por contribuir siempre de un modo sensible al buen resultado, los que se refieren a las medidas relativas que se pueden tomar en las diferentes partes del cuerpo. Así sucede en los peces.

En efecto: de la análogía de forma que, en términos generales, ofrecen todos los individuos de cada especie de peces, se deduce una constante proporcionalidad entre las dimensiones respectivas que pueden tomarse en el cuerpo de cualquiera de ellos.

La simple comparación entre análogas distancias, tomadas en individuos de especies diferentes, tiene poca importancia, porque varían, como es lógico, con la edad. Así, una sardina adulta se diferencia de un arenque adulto porque es de menor talla; pero esa diferencia de dimensiones no es útil en la práctica para distinguir una especie de otra, porque para eso sería preciso conocer la edad de los individuos sometidos a observación, dato que casi nunca se conoce.

Por otra parte, en los peces, no suelen tenerse datos seguros respecto de la longitud máxima a que pueden llegar los distintos individuos de cada especie. En muchos, la talla máxima depende, entre ciertos límites, a veces bastante amplios, de la duración de la vida del individuo y del exceso o escasez de su nutrición.

La verdadera importancia de la distinción métrica está en la comparación de las dimensiones relativas de las distintas partes del cuerpo. No obstante, hay que tener en cuenta que esa proporción puede sufrir variaciones notables entre los individuos de una misma especie, porque varía con la forma del cuerpo, y ésta puede dejar de ser semejante, por causas distintas, en individuos de especie igual.

Así, dentro de una misma especie, los jóvenes suelen tener una forma más o menos distinta de la ofrecida por los adultos. La diversidad produ-

cida por esto puede llegar a ser extraordinaria, porque entre los peces, como ocurre en otros animales, se dan ejemplos de verdaderos estados larvarios, en los que el individuo presenta una forma totalmente diferente de la que es normal en el adulto, como ocurre en la anguila, joven o adulta, tan distinta de su larva o fase de leptocéfalo.

Otra causa de diversidad morfológica se produce por la existencia, no rara, del dimorfismo sexual, como el que, por ejemplo, ofrecen los caballitos de mar o *Hippocampus*.

No obstante, en la mayoría de los casos, pasado un primer período de la juventud, a veces no muy largo, los peces de una misma especie, durante la mayor parte de su vida, poseen una forma análoga, que permite ser reconocida por la comparación de sus dimensiones características.

Es evidente que esa comparación de dimensiones debe hacerse extensiva a los individuos que posean en su primera juventud una forma que difiera, más o menos notablemente, de la del adulto; pero eso no podrá hacerse hasta que no se tenga más amplio conocimiento, que el incompleto que se tiene hoy, de las formas larvarias o muy jóvenes de la mayoría de los peces, y del cual la ciencia ictiológica ha de obtener el más considerable incremento. Pero, hasta ahora, la distinción específica de los peces se limita a la edad más o menos adulta de los mismos, que es en la que suelen estar los ejemplares de las colecciones. Por eso suele ser suficiente en la práctica el estudio de la forma peculiar de cada especie en esa edad, y es útil, por consecuencia, la comparación de sus dimensiones relativas características.

La importancia que tienen para la clasificación los datos que se refieren a las medidas características de las especies, se evidencia porque ellos no suelen faltar en las descripciones y que de día en día se van aquilatando y depurando.

Este trabajo no tiene otro objeto que llamar la atención sobre la utilidad de esas medidas, y procurar a la vez la perfección de su empleo.

Medidas principales de que se hace uso en las descripciones de las especies ictiológicas.—Son todas aquellas de las que se deduce un carácter diferencial, pudiendo ser llamadas por eso medidas características.

Para utilizarlas, después de tomadas, se comparan unas con otras, eligiendo en cada comparación cualquiera de las medidas como unidad, según convenga.

Las medidas más comúnmente usadas a este respecto son las siguientes:

Longitud total del cuerpo.

Longitud de la cabeza.

Longitud del tronco.
Longitud de la cola.
Altura máxima de la cabeza.
Altura máxima del cuerpo.
Altura mínima de la cola.
Espesor máximo del cuerpo y de la cabeza.
Longitud prebucal.
Longitud preorbitaria o del hocico.
Longitud de la abertura bucal.
Profundidad y anchura de la abertura bucal.
Medida de los diámetros longitudinal y transversal del ojo.
Distancia interorbitaria.
Longitud de las aletas pares.
Altura de las aletas dorsal y anal.
Longitud de la base de las aletas pares y de las impares, exceptuando la caudal.
Longitud de la aleta caudal.
Distancia del extremo anterior de la cabeza a determinados puntos importantes del resto del cuerpo; como el origen y final de la base de las aletas, las aberturas nasales, las piezas operculares, el ano, etc., etc.

En muchos peces que poseen formas poco corrientes se toman medidas especiales, que deben indicarse en cada caso.

Una dificultad con que se tropieza para la obtención de esas medidas es la falta de puntos bien determinados en el cuerpo de los peces que sirvan de límite a las mismas.

Esto es tan cierto, que ni aun las regiones principales del cuerpo de los peces están definidas satisfactoriamente. Así, por ejemplo, no puede precisarse bien cuáles son los límites de la cabeza o dónde comienza con precisión la cola; los límites de esas partes, como los de las otras que se miden, se establecen con cierta arbitrariedad, según el criterio individual, y sin que exista la coincidencia de normas y conceptos que en asunto como éste debiera reinar.

Además, sucede en la práctica, que para la obtención de las medidas, hay que proceder de modos diferentes cuando se trata de peces cuya morfología se aparta de la que es típica y general en esta clase de animales.

A continuación se trata algo de cada una de las medidas principales indicadas, y se hacen en cada caso las advertencias y observaciones que se creen oportunas.

Longitud de la cabeza.—Es la distancia que hay desde el extremo

anterior de la cabeza al punto más posterior del borde libre opercular, cuando el opérculo existe. En el caso de que haya varias aberturas branquiales externas, el extremo posterior de la cabeza está determinado, según unos por la posición de la primera de esas aberturas, y según otros por la de la última, como es más racional.

Según se expone a continuación, se ve que el extremo anterior cefálico no corresponde siempre a un mismo elemento anatómico o morfológico; así, en el *esturion* (*Acipenser sturio*) ese punto es la porción más prominente del rostro; en un congrio (*Conger conger*) es la porción más avanzada de la mandíbula superior; en una anguila (*Anguilla anguilla*) es el extremo de la mandíbula inferior; en una *aguja de mar* (*Syngnathus*) es el borde sinfisario de dicha mandíbula; y en la mayor parte de los peces, ese punto es el más anterior de la sutura de los premaxilares, que generalmente son los que bordean la mandíbula superior.

En ocasiones los dientes son proclives, como ocurre en el *sargo picudo* (*Charax puntazzo*), y sobresalen más que cualquier otra parte de la cabeza, pudiendo ser tenidos en cuenta para la determinación de la longitud de ésta. En los lábridos, especialmente en el *tordo* (*Crenilabrus pavo*), ambas mandíbulas se prolongan por delante en labios carnosos bastante desarrollados, que, por ser órganos blandos, unas veces pueden estar estirados y otras retraídos, dificultando, si se les tiene en cuenta, la exacta medida de la longitud de la cabeza.

No pocos peces presentan su cabeza prolongada por delante en apéndices de diversa forma, que aumentan considerablemente la longitud cefálica. Así, el *pez espada* (*Xiphias gladius*) y el *pez sierra (Pristis)*, ofrecen sus conocidas prolongaciones rostrales en forma de espada, el primero, y de larga sierra, dentada en sus dos bordes, el segundo; el otro pez llamado también *aguja de mar* (*Rhamphistoma belone*), presenta ambas mandíbulas largamente prolongadas, sobre todo en los jóvenes, como lo está la inferior en los saltones (*Hemirhamphus picartii*); y, finalmente, puede ponerse el ejemplo de *Venefica proboscidea*, raro anguiliforme de profundidad, cuya mandíbula superior posee un apéndice en forma de trompa que puede ser descartado de la medida total de la cabeza, como conviene hacer en muchos casos con esta clase de prolongaciones cuya longitud suele estar sujeta a variaciones que alteran la más constante proporcionalidad que normalmente guarda la longitud del resto de la cabeza con las dimensiones de las otras partes del cuerpo.

Cuando la boca es protractil, y está colocada en el extremo anterior cefálico, hay que proceder a colocarla, si no lo está ya, en su posición de retracción máxima sobre el rostro; así podrá su borde anterior servir

de punto de partida para la más exacta medida cefálica. Del mismo modo, cuando la mandíbula inferior sea más prominente que la superior y que el rostro, se la colocará en posición de boca cerrada para el mismo fin.

El límite posterior de la cabeza tampoco aparece siempre bien preciso, ni está constantemente determinado por los mismos elementos morfológicos.

En los escualos ese límite está determinado por el punto extremo posterior de la última abertura branquial.

En las rayas o batoideos la longitud de la cabeza suele medirse desde el extremo anterior del rostro a la porción más retrasada de la última abertura branquial, esto es, según una línea, que es a veces muy oblicua al eje longitudinal del cuerpo, lo cual no es racional.

Esa medida debe tomarse desde dicho extremo anterior cefálico a otra transversal que pasa por el punto extremo posterior de las dos últimas aberturas branquiales, pues así ella se ajusta a una línea casi paralela al eje longitudinal del pez, como conviene.

Otros opinan que la cabeza de las rayas termina al nivel del borde posterior de los espiráculos.

En la mayoría de los teleósteos el límite posterior de la cabeza está en el punto más alejado del rostro, y situado en el borde libre del opérculo. A veces no puede precisarse bien cuál es ese borde, porque en muchos peces de ese orden el revestimiento cutáneo del hueso opercular se prolonga por detrás del mismo, formándole una especie de franja, la cual, como órgano blando, es susceptible de dilataciones y de retracciones; estas últimas frecuentemente muy acentuadas por la acción de los líquidos en que suelen conservarse los ejemplares sometidos a estudio o también por la desecación en los que han sido naturalizados por los taxidermistas, cuyos ejemplares, dicho sea de paso, deben considerarse como desposeídos de casi todo su valor científico.

En otros teleósteos, como ocurre en las *morenas* (*Muraena helena*), en los ya citados *Synghnathus,* en los dragones (*Callionymns*), etc., etc., los opérculos dejan de tener un borde libre aparente, por soldarse con los costados del cuerpo, dejando de ser perceptibles sus contornos al exterior, por quedar sus piezas óseas englobadas en un tegumento de cierto espesor, y hasta por reducirse o atrofiarse tales piezas. En este caso la abertura branquial de cada lado suele estar respresentada por un agujerito redondeado o una pequeña abertura alargada. La posición de esa abertura o de ese agujero determina el final de la región cefálica, sin que suela hacerse mención de qué punto del contorno de la abertura haya de ser elegido como límite, aunque debe sobreentenderse que ha de ser el más posterior.

A veces el tegumento opercular se prolonga tanto, que invade la zona de inserción de las aletas escapulares, situándose las aberturas branquiales inmediatamente detrás de esas aletas, que aparentemente pasan a formar parte de la región cefálica, como sucede en el rape *(Lophius piscatorius)*.

Longitud total del cuerpo.—En términos generales debe de ser la distancia que hay entre los extremos anterior y posterior del mismo.

Sin embargo, en la práctica suelen ofrecerse dudas respecto de la determinación de esos puntos, siendo preciso, al efecto, hacer algunas aclaraciones y salvedades.

Desde luego, el punto o extremo anterior del cuerpo será el mismo que se considera también como anterior en la cabeza.

El extremo posterior del cuerpo debe ser, a su vez, el último de la región caudal, incluyendo la aleta caudal, si ésta existe, a no ser que se haga advertencia especial de que esta aleta haya de ser excluída.

El extremo posterior del cuerpo puede estar contenido en el eje longitudinal del mismo, o fuera de él.

Cuando ese extremo está contenido en el eje longitudinal del cuerpo, es evidente que su distancia al extremo anterior cefálico dará la longitud total del cuerpo. Así ocurre normalmente en los peces desprovistos de aleta caudal o en aquellos que la poseen simétrica (homocerca, de borde posterior recto o convexo, dificerca o gefirocerca), en cuyos peces el extremo posterior del cuerpo coincide respectivamente con el de la región caudal o con el de los radios centrales de la aleta.

Cuando el extremo posterior citado no esté comprendido en el eje longitudinal del cuerpo, podrán ocurrir dos casos: que se proyecte verticalmente ese punto sobre el eje longitudinal del cuerpo, prolongando el eje lo que sea debido, o que no se haga esa proyección.

Si la proyección se verifica, según se dice en el caso primero, la distancia de la proyección del punto al extremo anterior cefálico será la verdadera longitud total del pez, por haberse medido sobre el propio eje longitudinal, como cuando se trataba de peces cuyo extremo posterior estaba incluído en el eje citado.

Si la proyección no se hace, atendiendo al caso segundo, la distancia de ese punto al extremo anterior cefálico (por el que se supone pasa el eje longitudinal del cuerpo) será una línea oblicua al citado eje longitudinal, evidentemente mayor que su proyección vertical sobre el mismo, cuya proyección hemos visto que corresponde a la verdadera longitud total del pez.

No es indiferente, como se ve, operar de un modo o de otro en los

peces cuyo extremo posterior no está contenido en el eje longitudinal del cuerpo, como ocurre en los que poseen cola heterocerca o en los que la tienen con el borde posterior cóncavo, pareciendo más razonable optar por el procedimiento de la proyección del punto posterior del cuerpo sobre el eje longitudinal del mismo.

Cuando el extremo posterior del cuerpo corresponda al de algún radio de la aleta caudal, no incluído en el eje longitudinal del pez, si la aleta es flexible, dicho radio podrá ocupar posiciones (siempre dentro del plano sagital o de simetría bilateral del cuerpo) de diversa inclinación sobre el eje longitudinal citado y, por lo tanto, su extremo posterior o la proyección del mismo sobre el eje ocupará posiciones diversas, que alterarán a veces de modo notable la longitud total del pez.

En casos como este podrá ser la mejor solución colocar esos radios en posición paralela al eje longitudinal del cuerpo, fijándose así la posición del extremo de esos radios, y, por lo tanto, la de su proyección.

Hay algunos peces que poseen algunos de los radios de la aleta caudal prolongados en filamentos que varían tanto de longitud de unos individuos a otros, que deben de ser descartados cuando se proceda a obtener la medida de la longitud total del cuerpo.

Con frecuencia hay peces provistos de cola tan profundamente escotada, que aparece como dividida en dos lóbulos: uno superior y otro inferior, los cuales suelen terminar en punta aguda. El natural desgaste, a veces evidente, de esas puntas en algunos individuos, y su frecuente ruptura, nos impide determinar la posición del punto extremo posterior de esos lóbulos, añadiéndose una nueva dificultad para la medición del ejemplar.

También puede ocurrir que el extremo posterior del cuerpo no sea accesible para la obtención de la medida, como ocurre en los caballitos de mar (*Hippocampus*), cuya cola prensil queda enroscada e imposible de estirar en los ejemplares conservados, y como sucede muy frecuentemente en ciertos peces cuya región caudal se prolonga en forma de látigo (cola leptocerca), como, por ejemplo, en los miliobátidos, trigónidos, macrúridos y otros, que suelen llegar a manos de los naturalistas con la cola rota.

Longitud del tronco.—Esta es una medida que no suele tomarse en los peces, por estar muy difusamente limitada.

Anatómicamente la longitud del tronco podría determinarse bien por la distancia que media entre las caras frontales de la primera vértebra del tronco y la de la primera de la cola, cuya vértebra suele presentar ya los caracteres distintivos de las de su región, siendo el más notable, con frecuencia, el de que esas vértebras poseen arco hemal.

Con menor precisión pudiera considerarse al tronco como la porción del cuerpo comprendida entre la entrada del esófago y el fondo o porción posterior del celoma o cavidad general del cuerpo.

Mucho más imperfectos son los límites que el tronco muestra al exterior, y la realidad es que su extensión, considerada de este modo, se fija las más de las veces arbitrariamente.

De modo convencional se admite que el tronco se origina en los propios límites posteriores de la cabeza, y con frecuencia se considera que finaliza al nivel de la posición del ano.

No obstante, en algunos peces, el ano se abre muy por delante del fondo del celoma, dándose casos (Gimnótidos) de estar situado hasta en plena garganta, disposición que se debe a necesidades especiales de adaptación, y que se facilita por el encorvamiento o vuelta hacia adelante de la porción terminal del tubo digestivo.

Longitud de la cola.—Anatómicamente está determinada por toda la región muscular que sigue al celoma, y que está sostenida por los segmentos vertebrales caudales, es decir, aquellos que normalmente adoptan la forma de vértebras provistas de arco hemal.

La aleta caudal se considera como parte de esta región.

Al exterior no es fácil reconocer el origen de la región caudal, desde el momento en que, como se ha visto, no existen límites que precisen satisfactoriamente el final de la región del tronco.

Como el tronco, la cola es pocas veces objeto de medida en los peces, y cuando lo es, se hace mención previa del punto que ha de servir de partida para su medida. Así, en las rayas suele admitirse que comienza al nivel del final de la base de las ventrales, o también del borde posterior de la cloaca.

Altura máxima del cuerpo.—Es la distancia máxima vertical que puede medirse entre las líneas o perfiles dorsal y ventral del cuerpo, sin contar la altura de las aletas impares.

Esta medida se usa con gran frecuencia, a pesar de que puede sufrir algunas alteraciones que modifican la constancia específica, y que radican principalmente en el aumento que puede experimentar el cuerpo de los peces a causa de un exceso de nutrición o por la acumulación de los productos sexuales durante la madurez sexual.

Altura mínima de la cola.—Es, a su vez, la mínima del cuerpo, y es igual a la distancia vertical mínima que hay entre las líneas medias dorsal y ventral de la región de la cola. Está situada en la misma raíz de la aleta caudal, y por guardar una gran constancia específica, es útil tenerla en cuenta.

Altura de la cabeza.—Se hace mención de ella con cierta frecuencia; pero sin que suelan los autores indicar cómo debe ser medida, lo cual da lugar a las mayores dudas. Lógicamente (considerada desde el punto de vista de la morfología externa) debe corresponder a la mayor perpendicular que pueda trazarse a la línea de su longitud, y que tenga por límites los perfiles dorsal y ventral cefálicos. Con mucha frecuencia esa vertical corresponde al nivel del límite posterior de la cabeza.

Espesor máximo del cuerpo.—Esta medida suele tenerse en cuenta para compararla principalnente con la de la altura máxima. No debe dársela nada más que un valor discrecional, porque puede sufrir alteraciones individuales de alguna consideración, debidas, como se ha indicado al hablar de la altura máxima, a un mayor cebamiento o a la acumulación de los productos sexuales en la época del celo, pero advirtiendo que estas alteraciones son en este caso más intensas.

En el Museo Nacional de Ciencias Naturales se conserva algún ejemplar de dorada *(Chrysophrys aurata)*, capturado en Mar Chica (Melilla), que, conservando una altura normal del cuerpo, posee un espesor extraordinariamente reducido, como el de un lenguado, debiéndose esto a que, en aquel tiempo, el lago citado había perdido su anterior comunicación con el Mediterráneo, sus aguas se habían evaporado en gran cantidad, aumentando considerablemente la salazón, y motivando la muerte de casi todas las especies que allí vivían, quedando tan sólo algunas, como las doradas, más resistentes, pero famélicas y reducidas casi sólo a la piel y el esqueleto.

Espesor de la cabeza.—Se compara con la longitud de la misma y debe ser el máximo grosor que pueda medirse en ella. El estado de dilatación o de retracción de la región branquial puede modificar el valor de esta medida.

Longitud prebucal.—La región prebucal es una prolongación de la parte anterior de la cabeza, que en algunos peces antecede a la boca. Su longitud es igual a la distancia que hay entre el extremo anterior de la cabeza y el de la abertura bucal.

Esta prolongación cefálica prebucal que existe, por ejemplo, en los escualos, en los esturiones, en los macruridos, etc., etc., suele denominarse rostro.

Doderlein (1) dice que en las rayas, «*rostro* o *ápice rostral* es la parte mediana del hocico que, independientemente o a continuación del mis-

---

(1) *Manuale itiologico italiano del Mediterraneo*, parte II, p. 149 ter., nota.

mo, sobresale anteriormente del disco, y ofrece a menudo una conformación aguda especial».

Quizás será más conveniente limitar esta definición de Doderlein al ápice rostral de las rayas, dejándola de aplicar al rostro entero.

Longitud preorbitaria o del hocico.—La región preorbitaria es la parte de la cabeza que precede al borde anterior de los ojos. Se mide desde dicho borde al extremo anterior cefálico. También suele denominarse rostro a la región en que se mide esta distancia.

Longitud de la boca.—Es la distancia que hay desde el punto más avanzado de la abertura bucal, situado en la parte media de la misma, hasta una de las comisuras bucales.

Profundidad de la boca, y anchura de la misma.—Suele medirse en especies en que la boca está situada completamente en el plano ventral, y es, además, más o menos arqueada, como sucede en los escualos.

La profundidad de la boca es la distancia que hay entre el borde anterior de la misma y la línea que une ambas comisuras bucales, cuya línea determina la medida de la anchura bucal.

Medida de los diámetros longitudinal y transversal del ojo—Los ojos de los peces no aparecen siempre bien delimitados al exterior, ocasionándose por esto, a veces, dudas para medirlos.

Con gran frecuencia, los ojos de los peces están bordeados por un estrecho párpado cutáneo inmóvil, más o menos opaco (1). En este caso, los diámetros longitudinal y transverso del área circunscripta por dicho repliegue palpebral, pueden considerarse como los respectivos diámetros oculares.

En otras ocasiones, como sucede en algunos mugílidos, dichos párpados se prolongan sobre parte de la superficie de la córnea en la forma de expansiones traslucidas de consistencia adiposa, que limitan una abertura ocular mucho menor de la que corresponde al diámetro del disco frontal del ojo. En este caso, el diámetro ocular no puede tomarse midiendo el área palpebral, sino determinando los diámetros de lo que se ve por transparencia a través de los párpados del citado disco frontal ocular, que corresponde, sobre poco más o menos, al área ocupada por la córnea.

Hay peces, por fin, cuyos ojos están desprovistos de párpados, por cubrirlos enteramente la piel que sobre ellos se hace transparente. La medi-

---

(1) Este repliegue cutáneo puede retraerse algo en los ejemplares conservados en líquido, y se retrae a veces excesivamente en los disecados, alterándose así el valor real del diámetro ocular, circunstancia que ya señala Poey en su *Plantilla ictiológica descriptiva. (Anal. soc. esp. Hist. nat., 1872).*

da de esta clase de ojos se hace teniendo en cuenta la superficie de los mismos visible al exterior por la transparencia de los tegumentos.

Distancia interorbitaria.—Es la mínima que hay entre los bordes superiores de los ojos. A veces *(ráyidos, pleuronéctidos, blénnidos,* etcétera), los ojos son notablemente abultados, emergiendo bruscamente de la superficie cefálica, sobre el dorso de la misma, quedando entre ambos globos oculares un área deprimida, cuya anchura mínima se considera en este caso como distancia interorbitaria.

Longitud de las aletas pares.—Se suele medir tomando la distancia que hay desde la base del primer radio de las mismas hasta el extremo distal de esas aletas. Con frecuencia, ambos puntos referidos corresponden con la base y el extremo de un borde de esas aletas: el borde anterior en las que se implantan en la superficie ventral, como las escapulares de los escualos y las pelvianas de casi todos los peces; o el borde superior en las que se implantan en plenos flancos, según una base más o menos vertical, como ocurre en las aletas escapulares de los acantopterigios.

Como se ve, esta medida se toma en sentido más o menos paralelo a la dirección de los radios.

Altura de las aletas dorsal y anal.—Se mide también en sentido más o menos paralelo al de la longitud de los radios que ellas poseen, y es igual a la distancia que hay en sentido vertical desde el extremo del radio más largo a la base de la aleta respectiva. Esto en cuanto a la altura máxima, pues si se trata de la mínima, la medida se toma a partir del extremo del radio más corto. En ambos casos se practica la medida colocando la aleta en su máxima posición de extensión.

Longitud de la base de las aletas exceptuada la caudal.—Es la distancia que hay entre la parte anterior de la base del primer radio y la posterior de la base del último de la respectiva aleta. En algunos casos sigue al último radio una membrana dérmica cuya línea de inserción en el cuerpo debe ser añadida para obtener la longitud total de la base de la aleta.

Tratándose de las aletas dorsal y anal, la longitud de las mismas suele identificarse con la de sus bases, de modo que no corresponde a la medida del mismo nombre que se toma en la aletas pares, por ser, más o menos perpendicular a la dirección de los radios, y no paralela, como lo es en las aletas escapulares y pelvianas.

Longitud de la aleta caudal.—Merece especial atención la medida de la aleta caudal, entre otras cosas, porque de ella depende la cuantía y la exactitud de la medida de la longitud total del cuerpo, y, además, porque de la misma se desprenden caracteres importantes para la determinación de la especie.

La aleta caudal no es, ni más ni menos, que una porción posterior destacada del sistema de aletas dorsal y anal.

Reconócense en ella tres zonas principales, caracterizadas por el sentido en que están dirigidos los radios que la componen, y por la dirección de las líneas de inserción de los mismos. Obsérvase, desde luego, una porción dorsal sostenida por radios dirigidos en igual sentido que los radios de las aletas dorsales, y también una porción ventral con sus radios paralelos a los de la aleta anal. Los radios de ambas porciones, normalmente inclinados hacia atrás, pueden ser suficientemente largos, y lo son con frecuencia, para que sus extremos se prolonguen más que la punta de la cola; pero ya hemos dicho que tales radios, que no son paralelos al eje longitudinal del cuerpo, ni están contenidos en ese eje, no deben ser tenidos en cuenta en la medida de la longitud de la aleta caudal ni por lo tanto en la total del cuerpo, a no ser que —de acuerdo con lo dicho en la página 16—, puedan colocarse paralelos al eje longitudinal del cuerpo, y sirva su extremo entonces para determinar el límite posterior de la longitud total del pez.

Entre las porciones dorsal y ventral de la aleta en cuestión, existe normalmente (salvo raros casos, como en *Ophisurus*) una tercera porción que pudiéramos llamar terminal, provista de radios dirigidos, sobre poco más o menos, en el mismo sentido que el eje longitudinal del cuerpo del pez, y que típicamente se insertan en una línea dorso-ventral, perpendicular al eje citado del cuerpo. La longitud de los radios de esa porción, contenidos en ese eje es, evidentemente, un sumando concreto positivo que debe tenerse en cuenta para la obtención de la medida de la longitud total del pez. Si a la longitud total así obtenida le restamos la de esa porción media de la caudal, obtendremos la longitud del pez hasta *el mismo extremo de la región caudal propiamente dicha,* cosa que no sería posible si hubiéramos tenido en cuenta las porciones o zonas dorsal y ventral de la aleta caudal, porque ellas se extienden precisamente sobre la porción terminal de la cola, y al restar la longitud ocupada por ellas, quedaría restada en la misma cantidad la del cuerpo.

Pudiera no haber un gran inconveniente en prescindir de las porciones dorsal y ventral de la aleta caudal cuando ésta se tenga en cuenta para la determinación de la longitud total del cuerpo, porque ellas por sí solas no forman esa aleta, y más bien serían parte integrante de los sistemas respectivos de aletas dorsal y anal (caso del *Ophisurus*); en cambio, la porción terminal, por sí sola, constituye, o puede constituir, la aleta caudal, como sucede en el pez luna *(Orthagoriscus mola)*.

La longitud de la porción terminal de esta aleta coincide con la

de sus radios mas largos, pero éstos no pueden ser medidos con exactitud en muchos casos, por estar sus bases, más o menos, encubiertas por las escamas de la raíz de la caudal.

Pero, como hemos dicho al principio, la longitud de la aleta caudal no debe estar reducida a la de su porción media o terminal, sino que debe completarse con la de la porción de eje longitudinal del cuerpo, ocupada por el resto de la aleta.

Este nuevo concepto nos obliga a considerar como parte integrante de la aleta caudal, no sólo al conjunto de radios y membranas de origen dérmico que la componen, sino a la porción terminal de la cola, en la que se extiende, es decir, la aleta propiamente dicha, y su base.

Sería, quizas, un buen acuerdo considerar integrada en esa forma la aleta caudal, del mismo modo que se admite que las aletas pares de los peces dipnoicos están constituídas por sus radios y membranas, más el muñón basal, provisto de tegumentos, músculos, esqueleto y demás tejidos propios. La porción de la cola en que se apoya la aleta caudal no es, ni más ni menos, que el muñón basal de la misma. Por esto, cuando se hace mención de que en la longitud del cuerpo de un pez se descuenta la de la aleta caudal, debiera sobreentenderse que se considera que la región caudal no termina en aquella parte que corresponde al extremo posterior de la columna vertebral, sino en aquel punto en que se origina el muñón basal de la aleta caudal propiamente dicha.

Este concepto respondería más exactamente a la realidad de los hechos, puesto que se ve cómo en cuanto se constituiye la aleta caudal se producen, acto seguido, modificaciones en la parte de la región caudal ocupada por ella. En las formas primitivas (elasmobranquios y ganoideos) esas modificaciones se reducen a un simple encorvamiento hacia arriba de la parte final de la región caudal, mientras que en las formas modernas (teleósteos) toda esa región se transforma intensamente, sobre todo en su región esquelética, que se concentra y modifica produciendo el hueso hipural, verdadero esqueleto basal propio de la aleta caudal, en el que se insertan normalmente todos los radios dérmicos de esa aleta, salvo excepciones, como las que se ofrecen en los gádidos, en los que el hueso hipural es diminuto y los radios de la caudal se insertan sobre él, y además sobre un cierto número de radios dorsales y hemales de algunas de las vértebras contiguas (1).

A medida que se vaya generalizando el empleo de radiografías del cuerpo de los peces, estas disposiciones internas, que determinan más

---

(1) Boulanger: *The Cambridge Natural History*, Fishes, página 646.

exactamente las distintas regiones del cuerpo de los peces, facilitarán más la interpretación que debe darse a los detalles de la morfología externa, utilizables para el reconocimiento de esas regiones, a la vez que por otros conceptos se produzca un intenso progreso en el estudio de la anatomía comparada de los peces en general y de la distinción sistemática de los mismos.

De acuerdo con lo expuesto, si consideramos a la caudal como inseparable de su propia base, su origen está en el preciso nivel de inserción de sus primeros radios, y no estaría falto de justificación el considerar que la aleta caudal comienza allí donde el pedúnculo caudal ofrece su altura mínima, es decir, donde dejan de ser convergentes las líneas o perfiles del dorso y cara ventral de la cola pasando a ser divergentes para constituir los bordes dorsal y ventral de la aleta caudal. Conviene advertir que frecuentemente no es fácil fijar la posición de la línea en que se mide la altura mínima del pedúnculo caudal y que por esa causa quedaría indeterminado el extremo anterior de la aleta caudal.

Con frecuencia se hace uso de la medida de los bordes dorsal y ventral de la aleta caudal, sobre todo cuando aparece dividida en dos lóbulos cuya longitud es preciso conocer algunas veces.

Modo de utilizar las medidas que se toman en el cuerpo de los peces.—Se utilizan comparando unas con otras, tomando una de ellas como unidad. Así es muy frecuente, por ejemplo, comparar la longitud total del cuerpo con la de la cabeza, pudiéndose expresar esa relación del siguiente modo:

$$R = \frac{C}{C'}$$

en que C es la longitud total del cuerpo, tomada como unidad, y C′ la de la cabeza.

Claro es que el cociente de esa relación no es, ni mucho menos, un mismo número en los individuos de cada especie sometidos a observación, sino que muestra alguna variación dentro de ciertos límites. Así, los diferentes resultados son la expresión de diferencias individuales, y estarán expresados por números comprendidos entre un máximo y un mínimo tolerado por la Naturaleza dentro de cada especie. La media aritmética que pueda calcularse, teniéndolos a todos en cuenta, será la mejor expresión numérica del carácter distintivo específico que se haya deseado poner de relieve, mediante la comparación de esas medidas elegidas al efecto.

Por eso en la práctica no se emplean fórmulas numéricas, sino que la relación que existe y su variabilidad se expresan en términos muy gene-

rales, diciendo, por ejemplo, que la longitud de la cabeza está contenida de cuatro a cinco veces en la longitud total, lo cual quiere decir que la especie de que se trate se caracteriza porque la longitud cefálica tiende a estar contenida en la total cuatro veces y media.

Frecuentemente se utilizan varias combinaciones de medidas con el fin de obtener un mayor número de datos distintivos, complicándose el procedimiento, porque suele variarse de unidad comparativa en cada una de ellas. En este caso puede resultar, por ejemplo, la siguiente serie de relaciones:

Longitud de la cabeza contenida cuatro veces en la total.

Altura mínima de la cola contenida vez y media en la longitud preorbitaria.

Longitud de la caudal contenida dos veces y un tercio en la altura máxima del cuerpo.

En esas relaciones se pueden considerar como unidades métricas, respectivamente, la longitud total, la preorbitaria y la altura máxima del cuerpo.

El ictiólogo procura elegir escrupulosamente las medidas que ha de comparar, deseoso de obtener relaciones numéricas que expresen caracteres diferenciales de la mayor importancia posible, y tendiendo a ese fin se ve precisado frecuentemente a valerse de diferentes unidades de medida; pero es evidente que se obtendrá ventaja, no despreciable, siempre que sea posible combinar esas medidas tomando el menor número de ellas como unidad, y el ideal sería referir todas a una sola.

Actualmente se procura dar en ictiología a los caracteres métricos la mayor precisión y facilidad de apreciación. A este fin se procura elegir una sola medida como unidad, expresándose las otras en decimales de la misma. La unidad de medida suele ser la longitud total del pez.

Útiles y procedimientos empleados corrientemente para obtener las medidas en los peces.—El instrumento más frecuentemente usado es un compás de puntas finas y de una dimensión proporcionada al tamaño del pez. Una vez tomada la medida, se conoce su valor apreciando la separación de las puntas del compás sobre una regla graduada en milímetros. Es muy conveniente que el compás sea de puntas de aguja.

El calibrador o pie de rey puede usarse también, aunque su manejo es menos cómodo que el del compás. En cambio ofrece la ventaja de que se obtiene con él, por lectura directa, la longitud en milímetros, facilidad que también se logra con los compases provistos de arco convenientemente graduado.

Si no se dispone de compases construídos expresamente para la medi-

ción de los peces, hay que utilizar los corrientes, que no pueden aplicarse más que para la medida de ejemplares pequeños o de talla mediana, no muy superior a 25 o 30 centímetros. Para longitudes mayores se hace uso de la cinta métrica, de la regla dividida en milímetros o del metro articulado.

Ninguno de estos últimos instrumentos de medida sirve frecuentemente para obtener resultados satisfactorios, porque casi siempre se opera sobre superficies convexas, a las cuales no cabe adaptarse, porque en ese caso se obtendría la medida de la línea curva de adaptación, y no la recta o cuerda de esa curva. Por eso en la práctica se toman las medidas extendiendo la cinta o la regla sobre el cuerpo del pez, y midiendo, no sobre los puntos extremos de la distancia que se trata de determinar, sino entre las perpendiculares que pasan por esos puntos, y cuyas perpendiculares se fijan por medio de reglillas, escuadras o hilos de plomada o se suponen trazadas, calculándolas a ojo, cuando se trata de ejemplares muy grandes.

Inútil es decir que en el caso de usarse la cinta métrica debe ser ésta de las inextensibles, como cintas metálicas, aunque éstas tienen el inconveniente de oxidarse con la humedad de los ejemplares, y más en la orilla del mar, donde suelen medirse los ejemplares grandes.

En peces grandes, determinadas medidas, como la de la longitud total, pueden tomarse más exactamente colocando el ejemplar sobre un tablero u otra superficie plana, y trazando allí con un lápiz dos puntos que indiquen los extremos anterior y posterior del cuerpo, midiéndose luego fácilmente con la regla o la cinta la distancia que separa ambos trazos. Así se puede medir bien, por ejemplo, la envergadura o anchura del disco de las grandes rayas y batoideos análogos.

II

Determinación de los puntos, líneas, planos y regiones principales del cuerpo de los peces, que pueden tenerse en cuenta para la distinción específica de esos vertebrados.—Reconociendo la dificultad de que se llegue a la adopción de normas universales en lo que se refiere a la medición ictiológica y a la determinación de las regiones o partes que pueden reconocerse en el cuerpo de los peces, y siendo evidente la poca fijeza de criterio que se observa en cuestión tan fundamental para la diferenciación y reconocimiento de las especies de estos seres, nos atrevemos

a intentar establecer, para resolver el fin propuesto, un sistema racional, que consiste en aprovechar las condiciones de regularidad que ofrece el cuerpo de los vertebrados dichos, tratando de diferenciarlos, en lo posible, por medio de sus características geométricas, no limitándonos a la obtención de medidas aisladas o de las proporcionalidades que puedan existir entre varias de ellas, sino procurando la determinación en el espacio de cuantos puntos característicos deban tenerse en cuenta para el reconocimiento de las formas ictiológicas, que, además, por esta circunstancia, podrán ser reproducidas por medio del dibujo o la escultura con mayor exactitud o facilidad que actualmente, para lo cual nuestro propósito se complementa con el empleo de una técnica especial y de algunos nuevos aparatos adecuados.

Los conceptos que corrientemente se tienen, para los efectos de la cuestión que nos ocupa, de las distintas partes del cuerpo de los peces, como la cabeza, el tronco, etc., ya se ha visto, por lo que antecede, que no pueden tener un fundamento estrictamente anatómico. Esas partes están exteriormente limitadas por fronteras vagas e indecisas, y vale más admitirlas desde un punto de vista puramente morfológico, considerándolas como regiones; así, cuando hagamos mención de la cabeza, se entenderá que nos referimos a la *región cefálica,* sin fijarnos, porque para el caso no nos importa, si en ella queda excluído algún elemento anatómico cefálico, o si, por el contrario, se añade alguna otra porción del cuerpo ajena a la cabeza propiamente dicha.

Este criterio, puramente morfológico, tiene sus ventajas cuando ha de utilizarse en la diferenciación específica, porque es precisamente la forma externa la que refleja de una manera más fiel las influencias del medio, que son los agentes estimulantes productores de la especie; así como siempre que se trate de investigar las relaciones de afinidad y dependencia existentes entre las especies será juicioso utilizar como elementos valiosos de esclarecimiento los datos que suministra la anatomía interna que conservan con intensidad mayor las características ancestrales que propenden a la inercia, resistiéndose a las influencias del ambiente. Así la anatomía de los fringilidos demuestra la extraordinaria afinidad que existe entre todas las especies que integran la familia. Por esos caracteres no sería fácil distinguir las especies, las cuales pueden diferenciarse en la práctica por pequeños detalles morfológicos y de coloración del plumaje.

Tipo sintético a que puede reducirse la forma general de los peces.—El medio acuático en que los peces viven y se mueven, imprime en la organización general de estos seres, y especialmente en la forma externa de los mismos, un sello característico que con mayor o menor inten-

sidad se manifiesta en todos ellos, y que proporciona datos fundamentales para la distinción de estos animales de los restantes vertebrados.

A través de las múltiples formas que los peces adoptan, hay una que representa la síntesis de todas ellas, y que con modificaciones de poca monta es la que se manifiesta con más frecuencia.

Dicha forma-tipo puede considerarse como una especie de maza, deprimida en su extremo grueso (extremo cefálico) y comprimida en el resto de su longitud (correspondiente al tronco y la cola), donde ofrece una sección oval, cuya porción, ensanchada, ocupa una posición superior o dorsal.

Desde luego se observa que la masa del cuerpo de los peces se acumula, de modo que al trasladarse a través del medio acuático encuentre en éste la menor resistencia posible. Por eso le ofrece la mínima cantidad de superficies frontales, y, como consecuencia de esto, la masa citada se reparte alrededor de un eje perpendicular al plano de las resistencias máximas, paralelo al sentido de la marcha o sea al eje longitudinal.

En conjunto se constituye una especie de sólido fusiforme, cuya característica principal es la compresión lateral de las partes correspondientes al tronco, y sobre todo de la cola; cuya compresión, combinada con la depresión que, más o menos acentuada, se distingue en la región anterior cefálica (depresión de la frente y aplanamiento de la cara inferior de la cabeza), da lugar a un sistema cuneiforme doble (1), que según Houssay (2) es el más favorable para la progresión de sólidos a través de medios ponderables y flúidos, pues produce en las moléculas de los mismos el menor desplazamiento de posición, reduce la facilidad de que estas formen torbellinos, y, por lo tanto, proporciona la menor pérdida de fuerzas por rozamiento. Houssay demuestra, experimentalmente, que el extremo cefálico, a modo de cuña anterior de arista horizontal, en que se unen los planos de la frente y de la garganta, desplaza las aguas que atraviesa el pez al nadar, y que éstas resbalan dulcemente a lo largo de las caras de la segunda cuña o diedro constituído por los flancos del animal, que conver-

---

(1) La cuña anterior se forma por la intersección horizontal de las superficies aplanadas dorsal y ventral de la cabeza que convergen hacia adelante; la cuña posterior está constituída por la intersección vertical de las superficies aplanadas de los flancos, que convergen hacia atrás. Puede representarse sintéticamente este sistema cuneiforme doble por un tetaedro formado por la intersección de dos diedros: uno anterior, de arista horizontal, que representa la cuña cefálica o zona de depresión anterior del pez y otro posterior de arista vertical, que corresponde a los flancos y representa a la cuña posterior o caudal.

(2) *Forme, puissance et stabilité des Poissons,* 1912, París.

gen hacia atrás. Uno de los experimentos más interesantes realizados por el originalísimo y fecundo investigador citado demuestra que, cuando un cuerpo plástico (como un saquito impermeable alargado relleno de un líquido) se mueve en un sentido cualquiera, a través de un flúido como el agua, se producen a lo largo del cuerpo sometido a la experiencia zonas, alternativas de compresión y depresión, o sea uno o varios sistemas (el número depende, entre otras cosas, de la velocidad de traslación y de la longitud del cuerpo) o pares de cuñas alternantes complementarias: unas de arista horizontal y otras de arista vertical. Houssay deduce, muy acertadamente, que desde el momento en que un pez avance en el seno de las aguas, será sometido a las mismas acciones que otro cuerpo cualquiera, como el saquito de la experiencia, y que las presiones líquidas tenderán a formar en el ser acuático el correspondiente sistema cuneiforme, si la plasticidad de la masa lo consiente.

Respecto de la plasticidad de los tejidos animales no puede caber la menor duda, puesto que aun durante el relativamente corto período de existencia de los individuos, pueden verificarse en su cuerpo deformaciones artificiales, mediante el sencillo empleo de ligaduras y otros procedimientos análogos. En el caso de los peces hay que tener en cuenta que el proceso de modelación a que se ve sometido su cuerpo por las presiones acuáticas es, por decirlo así, permanente, desbordando los límites de la vida individual y extendiéndose nada menos que a la duración de existencia de cada una y de todas las especies que constituyen la clase de los peces; de modo que, aunque la labor haya sido lenta, ha tenido tiempo de verificarse. Hay que tener en cuenta, además, que las presiones líquidas pueden unir a su acción constante la circunstancia de que frecuentemente alcanzan una gran intensidad, que llega a ser considerable cuando el pez nada con rapidez.

Es decir, que Houssay demuestra claramente que la forma de los peces es una consecuencia del movimiento de estos seres en el seno del agua.

Unas veces inconscientemente, y otras con perfecto conocimiento de causa, el hombre ha copiado con mayor o menor exactitud la forma general de los peces, cuando se ha visto en el caso de construir objetos o máquinas que habrían de luchar con la resistencia del aire o del agua, dándoles, desde luego, forma alargada, de cilindro apuntado, de huso o de maza, como las balas modernas de fusil y de cañón, los torpedos, globos dirigibles, y especialmente los barcos que navegan en la superficie del agua y los sumergibles, llegándose, en algunos casos, a la creación verdaderamente sintética del sistema de la doble cuña de que hemos hablado, habién-

dose construído canoas automóviles, que han obtenido el triunfo en los concursos de velocidad, y cuyo casco era un verdadero tetraedro: dos cuñas o diedros cruzados en ángulo recto; un diedro anterior destinado a cortar las aguas y el aire con su arista vertical y un diedro posterior cuya arista horizontal formaba la popa.

Claro es, que no en todos los peces se manifiesta con igual claridad la forma en maza y las facetas de la doble cuña. Hay formas de peces verdaderamente anómalas, como los plectognatos (*Orthagoriscus* o pez luna, *Diodon* o pez erizo, etc.), los pediculados (*Lophius* o rape, etc.), los lofobranquios (*Hippocampus* o caballito de mar, *Phylloptery* o especie de caballito de mar que parece un alga ramificada) y otros. Pero todos estos peces son de costumbres extremadamente sedentarias, apenas nadan o lo hacen con gran lentitud, y al no tener que luchar con grandes resistencias, no necesitan que su cuerpo esté conformado especialmente par a vencerlas.

Precisamente formas como estas son las que más se resisten a la regularización del estudio de su morfología, y es necesario, en cada caso, hacer las advertencias pertinentes para efectuarlo.

Aun en peces cuya forma general se funda en el tipo morfológico normal de que hemos hablado, suelen existir, además de las aletas, determinados apéndices o accidentes de la superficie del cuerpo, que de modo diverso alteran la constancia morfológica de la masa principal.

Plano sagital o de simetría bilateral.—Los vertebrados, como otros muchos grupos de animales, y por lo tanto los peces, tienen la propiedad de poseer un plano de simetría bilateral, o sea un *plano vertical que corta al cuerpo en dos porciones simétricas,* al menos en lo que se refiere al exterior, aunque esa simetría se hace extensiva a la mayor parte de los órganos internos.

Tan sólo hay un orden de peces, el de los pleuronectiformes (lenguado, rodaballo, etc.), en los que la simetría bilateral se pierde, sobre todo en la región cefálica; pero teniendo en cuenta que en estos peces la falta de la simetría es tan sólo el resultado de un proceso de adaptación a un género de vida especial, y que descienden de formas que poseían una simetría normal, no hay inconveniente en hacer extensivo a esta clase de peces lo que a continuación se expone, aunque es evidente que en ellos no se cumplen estrictamente las condiciones geométricas de que se trata (1).

---

(1) Por ejemplo, es conveniente considerar en ellos el plano sagital que los corta, pasando por la línea de inserción de las aletas impares, y que corresponde al de simetría de los otros peces de forma normal, aunque aquí no sea en realidad plano de esa naturaleza.

La intersección del plano sagital o de simetría con la superficie del cuerpo, constituye una línea cerrada que suele ser el *perfil* o *contorno general* que se nos ofrece cuando observamos el pez visto por uno de sus flancos.

La parte del perfil contigua a la posición de la columna vertebral, se denomina *línea media dorsal* o simplemente *dorsal* o *del dorso,* al paso que la porción inmediata al tubo digestivo se llama *línea media ventral* o sólo *línea ventral.* Ambas líneas tienen dos puntos de contacto: uno, correspondiente a la parte cefálica o anterior, y otro, situado en la porción caudal o posterior. Orientado el pez según su estación normal, que salvo pocas excepciones adopta, la línea del dorso es una línea de posición superior, y la ventral, una línea situada inferiormente (1).

Un medio de facilitar la comparación de dibujos que representen peces vistos de flanco, sería orientarlos todos en el mismo sentido, como ya aconsejaba Poey (2), si bien somos más partidarios de representar las figuras del flanco izquierdo, y no del derecho, como quería dicho ilustre ictiólogo, porque ese es el sentido natural de dibujar, como el de escribir, y así parece demostrarse por la mayor frecuencia que observamos de figuras de peces hechas por copia del flanco izquierdo.

Líneas longitudinales del cuerpo de un pez.—Son las porciones de rectas interceptadas por el cuerpo del animal, que son paralelas al plano de simetría del vertebrado o contenidas en dicho plano, y además a la línea del horizonte, suponiendo al pez sostenido en el agua en su estación normal o posición de reposo.

Las líneas longitudinales están además en la misma dirección que la que sigue el pez cuando nada hacia adelante de un punto a otro, avanzando por la línea más corta.

La dirección de la marcha, y por ende la de esas líneas, puede observarse cuando los peces se dejan deslizar rectamente a través del agua, a favor de la inercia, por la energía mecánica acumulada durante un cierto número de movimientos propulsores ondulatorios previos. En ese momento, la forma del pez se manifiesta en toda su regularidad, de modo que el plano sagital es un verdadero plano de simetría bilateral.

Las aletas pares intervienen en los movimientos de traslación de los peces de un modo secundario. El avance se produce, principalmente, por las ondulaciones laterales del tronco, y sobre todo por las de la cola de

---

(1) Hay algunos peces, como el *Synodontis batensoda,* del Nilo, que nadan en posición invertida, con el dorso hacia abajo.

(2) *Plantilla descriptiva ictiológica. (Anal. soc. esp. Hist. nat.,* 1872).

los peces. Unas veces se trata de sencillas oscilaciones o *coletazos*, como en los peces de longitud normal, al paso que otras se produce un verdadero sistema de ondas, como en las anguilas y otros peces de cuerpo delgado y largo.

Durante las oudulaciones indicadas, el cuerpo pierde su simetría bilateral. El plano sagital se convierte en una superficie ondulada a modo de lienzo de bandera tendida al viento, mostrando alternativamente concavidades y convexidades a derecha e izquierda, y reconociéndose en la formación de esa superficie curva rectas generatrices perpendiculares, en el caso del pez, a la dirección del movimiento, como lo son en la bandera a la dirección del viento, pareciendo aquí que nacen en el mástil y huyen de él hasta perderse en el borde opuesto de la tela.

Por esto puede determinarse también la dirección de las líneas longitudinales, diciendo que son perpendiculares a las generatrices del sistema ondulatorio a que nos hemos referido y que da lugar a la propulsión del pez.

Eje longitudinal del cuerpo.—Frecuentemente, la longitud de los peces se considera representada por la porción de recta comprendida entre dos puntos: uno de la cabeza y otro de la cola, que ofrecen entre sí la separación máxima.

Esta manera de medir tiene, entre otros inconvenientes, el de que puede darse el caso (y se da muy frecuentemente) de que, aplicando el mismo criterio, las longitudes de otras partes del cuerpo, como la de la cabeza, el tronco y la de la cola, se aprecien sobre líneas orientadas en sentidos diversos, no paralelas a la de la longitud total, por cuya razón podremos obtener un valor numérico distinto de la longitud total del cuerpo, según le midamos directamente o por la suma de las longitudes de la serie lineal de sus regiones, cosa verdaderamente inaceptable.

Por eso, todas las medidas de que se trata deben referirse a una sola dirección, que será la del eje longitudinal del cuerpo.

Es necesario, pues, determinar *la dirección* de ese eje, y, si es preciso y posible, *la posición* del mismo.

La dirección del eje longitudinal es la que siguen *las líneas longitudinales* de que hemos hablado en el epígrafe anterior, de modo que cualquiera de ellas u otra paralela a las mismas podrá servir de eje longitudinal.

La longitud total o la de las otras partes o regiones del cuerpo podrá medirse sobre ese mismo eje, en el que todos los puntos del cuerpo del animal hayan sido proyectados verticalmente, y así se logrará el mismo valor para la longitud total del pez, obtenida directamente, que para la suma de las longitudes de las regiones del cuerpo del mismo.

Si podemos, pues, obtener como eje una línea cualquiera entre las in-

finitas longitudinales indicadas y si así se satisfacen las condiciones del fin que se persigue, no es preciso determinar cuál de esas líneas puede o debe ser el verdadero eje longitudinal, es decir, no es preciso fijar la posición del mismo.

Además, ese eje no puede suponerse existente, sino mediante la aceptación de un criterio convencional.

En efecto, en los peces no hay un eje de giro ni un eje de simetría, porque el cuerpo de estos animales carece de las condiciones de regularidad morfológica necesarias. Tan sólo podemos afirmar que, de existir ese eje, habría de estar situado, necesariamente, en el único plano de simetría que el pez posee: el sagital.

Puesto que tenemos la situación en el plano y la orientación de la línea, nos quedaría tan sólo la determinación de un punto en ese plano, para fijar la posición del eje como es conveniente en la práctica, aunque no llegue a ser preciso.

Desde luego, la idea de eje supone la colocación de éste en la parte más interna de la masa del cuerpo que lo posee. En los peces, por ejemplo, la columna vertebral muéstrase por su función y hasta por su posición como un eje de sostén. No obstante, para los efectos morfológicos y de medición que nos ocupan, la columna vertebral no puede servir, en conjunto, como determinante de la posición del eje longitudinal del cuerpo, porque ella no se desarrolla según una línea recta, sino que, frecuentemente, se encorva de modo notable al nivel del tronco, formando un arco de convexidad superior; pero por la circunstancia de tratarse de un órgano con manifiestas tendencias axiales, muy bien pudiera convenirse en que alguno de sus puntos, juiciosamente elegido, fuese el que nos falta dentro del plano de simetría, para determinar la posición del eje longitudinal del cuerpo.

La determinación de la posición de este eje así concebido, es un problema que debe de resolverse en cada caso, puesto que cada especie de pez tiene su forma peculiar, y ninguno de ellos adopta una forma que reuna las condiciones de regularidad comparable a la de un huso, en el que el eje longitudinal es, evidentemente, la línea que une a sus dos polos, y que coincide con la máxima dimensión que puede medirse en un cuerpo fusiforme. En los peces, el eje longitudinal puede no coincidir con la línea en que se mide la longitud máxima del animal; pero él, como se ha dicho, prolongado lo que sea preciso, debe de considerarse como una línea que recibe la proyección vertical de cualquiera de los puntos del cuerpo del animal, y, por ende, de los dos que determinan los límites de la longitud del cuerpo o de cualquiera de las regiones del mismo. Así, por ejemplo, el

eje longitudinal de un escualo comienza en el extremo anterior rostral, y, coincidiendo aproximadamente con la posición de la columna vertebral, va a terminar en un punto del borde posterior de la aleta caudal, pero no en el extremo de ésta, y, según nuestro criterio, la longitud total del escualo no debe de ser la máxima distancia que se mide desde el extremo anterior rostral al posterior de la cola, porque esa es una línea oblicua al eje del cuerpo, sino que el punto extremo posterior de esa aleta debe de proyectarse verticalmente sobre la prolongación del eje del cuerpo, para que sobre este eje prolongado pueda verificarse la medición.

Determinar rigurosamente la posición del eje longitudinal de cada forma de pez ha de ser un problema complejo.

Debiera comenzarse por observar los movimientos que estos animales efectúan cuando nadan en sentido rectilíneo, y quizás complementar las observaciones verificando un estudio detenido, en el que no sólo se tuviese en cuenta la forma general del cuerpo del animal, si no también la existencia de aletas y toda clase de apéndices, así como la densidad y repartición de los órganos internos; en suma, todo lo que puede intervenir en la estabilidad de estos seres acuáticos en su medio.

Pero en la práctica no es posible hacer esto, y hay que contentarse con calcular de un modo aproximado la posición del eje longitudinal, siendo posible conseguir esto de modo que se obtenga resultado satisfactorio para el fin que se desea.

En la inmensa mayoría de los casos el eje longitudinal del cuerpo está determinado por la posición del eje longitudinal del pedúnculo caudal, que suele tener una forma bastante regular, y en el que, por lo tanto, es fácil reconocer aproximadamente la posición de su eje, que, desde luego, está en el plano sagital o de simetría del cuerpo, y que no hay más que suponer prolongado para que corte por delante y por detrás al perfil del cuerpo.

Generalmente, basta mirar de flanco el pedúnculo caudal y trazar imaginariamente una línea que pase por un punto situado en la mitad de la altura mínima de dicho pedúnculo, que esté contenida en el plano sagital del pez y que sea paralela a las líneas longitudinales del cuerpo mismo. El plano horizontal que pasa por la línea así trazada divide normalmente el flanco de la raíz de la cola en dos porciones prácticamente simétricas y, divide lo mismo a la aleta caudal cuando esta no es heterocerca. Además esa línea viene a coincidir con el eje longitudinal de la parte de columna vertebral que corresponde a la raíz de la aleta caudal pasa casi siempre por el punto extremo anterior cefálico, aunque en algún caso excepcional, como en el gen. *Selene,* el eje del pedúnculo caudal prolongado pasa muy por encima de la parte que a primera vista se muestra como la más promi-

nente o avanzada, o sea la región de la boca, de modo que el eje longitudinal del cuerpo queda situado en un punto de la frente colocado por encima del nivel de los ojos. No sabemos cómo nadan los *Selene;* pero, dada su morfología, nos parece que, como los restantes peces, deberán avanzar en el sentido en que está orientado el eje longitudinal de su pedúnculo caudal, y que, por lo tanto, llevarán el hocico situado a un nivel muy inferior al del eje citado, cortando estos peces las aguas con la extensa línea vertical de su frente.

El *Centriscus* (1), como ejemplo de pez de forma anómala, no puede someterse a nuestro método por tener el pedúnculo caudal bruscamente encorvado hacia abajo, ocupando la segunda dorsal la posición posterior que correspondía a la aleta caudal. Sin embargo, la forma general, claramente alargada y aguzada en los extremos ofrecida por este pez, facilita grandemente la determinación de su eje longitudinal.

En los caballitos de mar *(Hippocampus),* en que el eje longitudinal de la cabeza forma ángulo con el del cuerpo, se ofrece un caso que se presta a ser discutido, sobre todo teniendo en cuenta que la estación de estos peces no es normalmente la de los otros, en que la columna vertebral se coloca en sentido horizontal, sino más bien una posición erguida, aunque ya se sabe que la porción caudal se mantiene casi siempre más o menos enroscada.

En cualquier ocasión que se presente dudosa, motivada por la anomalía de forma de un pez, dado el buen juicio del observador, encontrará, sin duda, una solución que en lo esencial no se oponga al criterio fundamental establecido.

Según se ha dicho ya, la dirección del eje longitudinal del cuerpo tiende a ser paralela a la columna vertebral; pero no lo es del todo porque ésta no suele ser recta, y, generalmente, presenta un notable encorvamiento, de convexidad dorsal, en la región del tronco; por eso la región de la cola, especialmente en la parte que corresponde al pedúnculo caudal, es la que sirve mejor para determinar la dirección del eje longitudinal del cuerpo.

En la región caudal, además, es donde preferentemente tienen lugar las flexiones *laterales*, que producen el mecanismo principal de locomoción de los peces.

Es decir, que cada vértebra de esa región puede oscilar o ladearse respecto de sus contiguas girando según un eje vertical a la dirección que

---

(1) El llamado antes *Amphisile*. Nuestro trompetero, o *Centricus*, se llama hoy *Macrorhamphosus*.

ofrece esa parte de la columna vertebral cuando ella está en su posición rectilínea normal o de reposo. En esta posición, las zonas anulares de contacto, que presentan entre sí las vértebras indicadas, están situadas en planos perpendiculares al eje longitudinal. Dichos planos pueden, pues, servir de base para determinar la dirección de ese eje. La dirección de estos planos puede apreciarse por el examen de las junturas o articulaciones mutuas de los cuerpos de las vértebras caudales, examinando a éstas por los flancos en los preparados anatómicos. En todo caso, la dirección en que se verifican las flexiones de la región caudal puede apreciarse directamente en los ejemplares frescos o conservados en líquido, operando manualmente sobre ellos y observando el sentido natural en que esas flexiones se producen.

En resumen, podría convenirse, según lo expuesto, en que el eje longitudinal del cuerpo de un pez fuese la recta que coincide con la posición del eje del pedúnculo caudal. Dicha recta está necesariamente en el plano de simetría, y habrá de ser paralela a la dirección del horizonte, suponiendo al pez suspendido en el agua, según su estación normal o posición de reposo.

Líneas de espesor o transversales.—Son las porciones de rectas perpendiculares al plano sagital o de simetría del pez, y limitadas por puntos homólogos o simétricos de la superficie del cuerpo.

Estas líneas pueden llamarse simplemente *transversales*, y pueden ser distinguidas por el nombre de sus puntos de emergencia, como por ejemplo: transversal centroorbitaria, transversal internasal anterior (comprendida entre las aberturas nasales anteriores), o también por su tamaño; ejemplo: transversal máxima (máximo espesor del cuerpo).

Líneas dorsoventrales o alturas.—Son las rectas contenidas en el plano sagital o de simetría, que a la vez son perpendiculares al eje longitudinal y que están limitadas por los perfiles dorsal y ventral del cuerpo.

Estas líneas pueden diferenciarse también por el punto especial, de su emergencia; ejemplos: dorso ventral de la dorsal 1.ª (de su origen); dorso ventral anal (que pasa por el ano): o también por su longitud; ejemplos: dorso ventral mínima, o sea la que une los puntos más cercanos de los perfiles dorsal y ventral del cuerpo.

Planos longitudinales.—Son los infinitos planos que interceptan el cuerpo del pez, siendo paralelos al plano sagital o de simetría, y además este mismo plano.

Podrá llamarse *plano longitudinal principal* a ese único plano, que coincide con el de simetría, distinguiéndosele así de los restantes. Estos podrán diferenciarse haciendo mención de cualquiera de los puntos importantes y localizados que ellos intercepten en la superficie del pez o

también por la distancia relativa que les separe del plano longitudinal principal. Así podrá determinarse el plano longitudinal que pasa por la abertura espiracular o también el plano longitudinal que diste del principal o de simetría una longitud igual a la del rostro.

Cada uno de esos planos puede ofrecer intersecciones con la superficie del cuerpo que constituyan perfiles o puntos de emergencia característicos. Claro es que el perfil más interesante será el que ofrezca el plano longitudinal principal, porque corresponde al contorno del cuerpo del pez visto de lado.

Cuando se hable de plano longitudinal, sin más apelativo, deberá entenderse que se trata del plano longitudinal principal o de simetría.

Planos horizontales.—Son todos los que cortan al cuerpo del pez, siendo paralelos al eje longitudinal y perpendiculares al plano longitudinal o de simetría.

Como en el caso anterior, estos planos podrán distinguirse por los puntos característicos de la superficie que interceptan en el pez o por la distancia que les separe del único entre ellos, que pasa por el eje longitudinal del cuerpo y que podrá llamarse *plano horizontal principal.*

Planos transversales.—Son todos los que siendo perpendiculares al eje longitudinal del pez son tangentes o cortan al cuerpo de éste.

Se pueden reconocer y distinguir, como en los otros casos, haciendo mención de algún punto importante interceptado por ellos en la superficie del cuerpo, como por ejemplo: plano transverso postcéfálico es el que pasa al nivel posterior de la cabeza; plano transverso anal, el que pasa por el ano; plano transverso anterior o fronta, el que sea tangente al extremo anterior de la cabeza.

Estos planos podrán cortar a la superficie del cuerpo, según líneas o contornos que en muchos casos suministraran caracteres útiles para la distinción de las especies.

Planos oblicuos.—En algún caso será útil hacer uso de estos planos, porque pueden suministrar perfiles de intersección característicos en la superficie del cuerpo. Claro es que para fijar su posición se hará, en todo caso, mención de los puntos de la superficie del cuerpo interceptados por esos planos, y cuyos puntos serán los que se precisan para determinar geométricamente su posición.

Regiones del cuerpo.—Pueden admitirse las tres conocidas: de la cabeza, del tronco y de la cola. Por excepción, como es sabido, existen algunos peces, cuyo cuerpo se estrecha entre la región cefálica y la del tronco, constituyéndose una especie de cuello, como en *Hippocampus* y en *Derichthys.*

Extremo anterior de la cabeza es un punto de ella que por sí mismo o representado por su proyección vertical, ocupa sobre el eje longitudinal del cuerpo, o sobre su prolongación, la posición más avanzada.

Lo más frecuente es que el extremo anterior de la cabeza pueda considerarse incluído en el eje longitudinal del cuerpo; pero se dan casos en que no lo está, especialmente cuando existen prolongaciones pares anteriores de la cabeza, como ocurre en *Trigla lyra*. Se trata en este caso de órganos simétricos, y que, por lo tanto, si están íntegros y normalmente desarrollados tienen igual longitud. Cualquiera de ellos, o ambos considerados en conjunto, pueden servir de límite anterior cefálico, y es evidente que las proyecciones verticales de ambos sobre el eje longitudinal del pez coincidirán en un mismo punto. Si por anomalía o ruptura uno de esos apéndices fuese más corto, debe tenerse en cuenta sólo el más largo.

Si la cabeza se prolonga anteriormente en apéndices como los referidos u otros de distinta forma y naturaleza, cuya longitud muestre variaciones individuales un tanto arbitrarias, o cuya medida ofrezca dificultad especial, deberán ser descartados de la medición, pues teniéndolos en cuenta se enmascararía la relativa constancia que dentro de la especie puede ofrecer el carácter de la longitud del resto del cuerpo. Con mayor motivo se descartarán de la medida de la longitud de la cabeza, los apéndices o prolongaciones blandas retráctiles o extensibles que ésta pueda poseer.

Extremo posterior del cuerpo es un punto de este que, por si mismo o representado por su proyección vertical, ocupa sobre el eje longitudinal del pez, o sobre su prolongación, la posición última.

El extremo posterior del cuerpo suele estar sobre el eje longitudinal del mismo, como ocurre en los peces de cola simétrica de borde posterior truncado o convexo y en los que carecen de aleta caudal; pero en otros casos está fuera de dicho eje, como pasa en los peces de cola heterocerca, en los de cola simétrica de borde posterior cóncavo, y en otros de región caudal anómala. Las colas llamadas simétricas, como las homocercas, no suelen serlo en absoluto, y especialmente las de borde posterior convexo o escotado, más o menos divididos en dos lóbulos: uno superior y otro inferior, suelen presentar el lóbulo superior más prolongado (1), estando, por lo tanto, en su punta el nivel del extremo posterior del cuerpo, como en las colas heterocercas; pero si ambos lóbulos son prácticamente iguales, la punta de cualquiera de ellos o las de ambos servirán para es-

(1) Por el contrario, algunos, como el pez volador *(Exoscoetus)*, tienen el lóbulo inferior de la caudal más prolongado que el superior.

tablecer el límite posterior del cuerpo, puesto que proyectadas sobre el eje longitudinal del mismo coincidirán en un solo punto.

Límite posterior de la región cefálica es la línea de intersección que forma con la superficie del cuerpo el plano transversal que pasa por el límite posterior de la única abertura branquial externa (límite posterior del opérculo en los peces que lo poseen), o de la última de ellas, cuando existen varias.

Hay peces, como el *rape (Lophius piscatorius)* y los pediculados en general, que como algunos otros tienen sus aberturas branquiales externas situadas en posición anómala. En el *rape*, por ejemplo, la única abertura branquial externa está situada detrás de la inserción de las aletas escapulares, de modo que, según el criterio adoptado, éstas pasan a formar parte de la región cefálica. Esto no debe de ser rechazado por insólito, puesto que es sabido que en los peces llamados yugulares las aletas pelvianas están insertas en lugar que corresponde evidentemente a la parte inferior de la cabeza, no habiendo más remedio que considerarlas como incluídas en ella. Para salvar, no obstante, las objeciones que con motivo de la inserción de las aletas pares pudieran suscitarse, no nos referimos concretamente a la cabeza del pez, sino a la *región cefálica*, o parte del cuerpo caracterizada principalmente por contener a la cabeza, sin la exigencia de que se determinen con absoluta precisión sus verdaderos límites, que por otra parte nunca será fácil llegar a establecer, o más bien será imposible lograrlo.

Esta solución debe considerarse legítima, como lo es en geografía biológica el no ajustarse precisamente a las regiones en que el globo se divide, según la geografía descriptiva propiamente dicha, y así vemos que a región etiópica no comprende por completo al Africa, sino que, al menos ésta, se ve mermada en su porción del N. O. por territorios que se añaden a la región paleártica.

En este caso que acabamos de mencionar rige un criterio especial, el de la repartición de los seres, que fundándose en realidades de repartición de tierras y mares, y teniéndolas muy en cuenta, no se ajusta absolutamente a ellas. Del mismo modo, admitiendo en el fondo las regiones normalmente reconocidas en el cuerpo, según el estricto criterio anatómico, las asignamos límites que podrán ser un tanto arbitrarios, pero que facilitan el fin que nos proponemos de la apreciación y medición de la forma de los peces.

Límite posterior de la región del tronco. — Puede considerarse como tal la línea de intersección de la superficie del cuerpo con el plano transversal que pasa al nivel de la parte posterior del borde externo de

las aberturas cloacal o anal, cuando éstas ocupan la posición normal que les corresponde, o sea al nivel del extremo posterior de la cavidad general del cuerpo.

Tal disposición se observa en los elasmobranquios y en no pocos teleóstomos, especialmente en los ganoideos y en la mayoría de los fisóstomos; pero en los restantes peces suele verificarse un desplazamiento del ano hacia adelante, por encorvarse en ese sentido la porción terminal del tubo digestivo, de modo que se separa del fondo de la cavidad general del cuerpo.

El fondo o extremo caudal de esta cavidad constituye el verdadero límite posterior del tronco, y aun más exactamente, dicho límite está en el plano de separación existente entre la última vértebra desprovista del arco hemal y la primera que lo posee, o sea al nivel de la cara caudal o posterior de la última vértebra dorsal. Pero esta limitación no nos es útil normalmente porque se funda en la posición de órganos o partes internas del cuerpo de los peces, que frecuentemente no nos es dado descubrir en los ejemplares sometidos a estudio, aunque no está lejano el día en que las radiografías del esqueleto de los peces sean casi tan frecuentes como los dibujos o representaciones gráficas del exterior del cuerpo de los mismos.

La indeterminación frecuente que se observa en la posición del límite posterior del tronco, aconseja que se prescinda en esos casos dudosos de verificar la medida de esa región del cuerpo en los peces.

(Continuará.)

Nueva teoría para el desarrollo de las ecuaciones finales (1)

por

Gualterio M. Seco

TERCERA PARTE

BASES PARA EL DESARROLLO DE UNA TEORÍA DE LAS MATRICES COINCIDENTES Y SU APLICACIÓN A LA RESOLUCIÓN DE ECUACIONES

Explicación previa

Llamará la atención de los respetables lectores la circunstancia de que, al cabo de ocho o diez años, vuelva sobre el asunto, y no creo que huelga una breve explicación.

Entonces, con la independencia de quien, con todo cuanto escribe para el público, no llena absolutamente otro objeto que el de entretener honradamente el tiempo que sus obligaciones le dejaban libre, varié el rumbo de mis trabajos literarios; pero, al final de la segunda parte de mi teoría, invité a los aficionados para que emprendieran la investigación de la que denominé Teoría de las matrices coincidentes, cuya importancia especulativa me parecía haber visto con claridad, pero que no quise formular en aquella época.

Al mudar de casa, en mayo último, y ordenar libros y papeles, hube de acordarme de un asunto que tenía olvidado; no sé de ningún aficionado que aceptara mi invitación, y me he decidido a dar forma a mis apuntes y poner el primer grano de arena en el edificio de la imaginada teoría; pero sin entrar en grandes desarrollos (tal vez inaccesibles a mi escasa capaci-

---

(1) Véase los números de la Revista de la Real Academia de Ciencias, correspondientes a mayo, junio, julio, octubre y noviembre de 1907 y enero de 1910.

dad), porque, con mis setenta y tres años, confieso que me voy volviendo algo perezoso.

Sin embargo, creo que no es impertinente la redacción de esta tercera parte, puesto que en ella demuestro (si no estoy terriblemente ofuscado), que ya, con la simple enunciación del objeto de la teoría, se llega a la resolución algebraica de la ecuación de quinto grado, con lo cual, si es exacto, quedará rectificada la conclusión negativa, que, de sus plausibles, pero infructuosos trabajos, dedujeron Abel y Wanzel. Después haré extensiva la aplicación a grados superiores.

I

Matrices coincidentes

ECUACIONES DE GRADO PRIMO

En la primera parte de este trabajo, dejé demostrado que la fórmula

$$y = a\sqrt[m]{k} + b\sqrt[m]{k^2} + \ldots + g\sqrt[m]{k^{m-2}} + h\sqrt[m]{k^{m-1}}; \qquad (A)$$

elevada a la *mésima* potencia, engendra la ecuación general, racional,

$$y^m + Py^{m-2} + Qy^{m-3} + \ldots + Sy + T = 0. \qquad (B)$$

Haciendo en *(A)* la ordenatriz $k = 1$, denominaremos $r_1, r_2, \ldots r_{m-1}, r_m$, a las raíces *mésimas* de la unidad, y observaremos que, según sabemos, en *(A)*, y, por consiguiente, en *(B)*, y no puede tener más que los m valores que resultan de multiplicar sucesivamente el segundo miembro de *(A)* por cada una de dichas m raíces.

Es indudable que tenemos la libertad de ordenar como nos plazca los términos del citado segundo miembro, y podemos poner en matriz las diferentes coordinaciones que formemos. A estas matrices de repetición doy el nombre de *matrices coincidentes*, porque efectivamente coinciden—mientras no se dé valores determinados a sus elementos—en ser consideradas como engendradoras de la ecuación algebraica, y también coinciden en que sus determinantes tienen una raíz común,

$$y = a + b + \ldots + g + h = a + b + \ldots + h + g =$$
$$= a + g + \ldots + h + \ldots + b = \ldots$$

puesto que todas las coordinaciones han de ser multiplicadas una vez por r_m y sus potencias, para hallar uno de los valores de y.

Los demás valores de esta incógnita son distintos en dichas determinantes, porque siendo distintas las coordinaciones, y sus elementos multiplicados invariable, sucesiva y ordenadamente, por las potencias de r_1, nunca podrá haber dos combinaciones iguales de elementos irracionales.

Como no me detengo a investigar la influencia que ejercen en dichas matrices los elementos irracionales, reducibles a menor índice, por haber un factor común al índice y a la potencia del coeficiente irracional, verbigracia:

$$\sqrt[nt]{k^n} = \sqrt[t]{k};$$

en lo sucesivo, consideraré que m es un número primo, y, especialmente, igual a 5, puesto que en la ecuación de quinto grado se empezaba a considerar imposible la resolución por medio de fórmulas.

En el siguiente primer cuadro, desarrollo los valores de y en todas las matrices coincidentes de quinto grado; pero, como se trata solamente de hacer visibles las combinaciones de los elementos, suprimo el signo + y la r, dejando solamente el subíndice de esta letra, puesto a continuación de cada letra de la combinación.

En dicho cuadro, todas las combinaciones posibles aparecen empezando por la letra *a;* si empezáramos por otra letra, por ejemplo: *b,* como se ve en el cuadro segundo, no haríamos más que repetir el primero, porque transponiendo letras de un extremo a otro de la nueva coordinación hasta que *a* quedara en primer lugar, repetiríamos una de las coordinaciones del primer cuadro, sin cambio de signo, por tratarse de grado impar y ser par el número de permutaciones consecutivas efectuadas. Así hallaremos las identidades

$$y_1 = y_1' = a_1 + b_2 + c_3 + d_4 = b_2 + d_4 + a_1 + c_3, \text{ etc.}$$

CUADRO PRIMERO

y_1	a_1	b_2	c_3	d_4	a_2	b_4	c_1	d_3	a_3	b_1	c_4	d_2	a_4	b_3	c_2	d_1	a	b	c	d
y_2	a_1	b_2	d_3	c_4	a_2	b_4	d_1	c_3	a_3	b_1	d_4	c_2	a_4	b_3	d_2	c_1	a	b	d	c
y_3	a_1	c_2	b_3	d_4	a_2	c_4	b_1	d_3	a_3	c_1	b_4	d_2	a_4	c_3	b_2	d_1	a	c	b	d
y_4	a_1	c_2	d_3	b_4	a_2	c_4	d_1	b_3	a_3	c_1	d_4	b_2	a_4	c_3	d_2	b_1	a	c	d	b
y_5	a_1	d_2	b_3	c_4	a_2	d_4	b_1	c_3	a_3	d_1	b_4	c_2	a_4	d_3	b_2	c_1	a	d	b	c
y_6	a_1	d_2	c_3	b_4	a_2	d_4	c_1	b_3	a_3	d_1	c_4	b_2	a_4	d_3	c_2	b_1	a	d	c	b

CUADRO SEGUNDO

y_5'	b_1	a_2	c_3	d_4	b_2	a_4	c_1	d_3	b_3	a_1	c_4	d_2	b_4	a_3	c_2	d_1	b	a	c	d
y_3'	b_1	a_2	d_3	c_4	b_2	a_4	d_1	c_3	b_3	a_1	d_4	c_2	b_4	a_3	d_2	c_1	b	a	d	c
y_2'	b_1	c_2	a_3	d_4	b_2	c_4	a_1	d_3	b_3	c_1	a_4	d_2	b_4	c_3	a_2	d_1	b	c	a	d
y_6'	b_1	c_2	d_3	a_4	b_2	c_4	d_1	a_3	b_3	c_1	d_4	a_2	b_4	c_3	d_2	a_1	b	c	d	a
y_1'	b_1	d_2	a_3	c_4	b_2	d_4	a_1	c_3	b_3	d_1	a_4	c_2	b_4	d_3	a_2	c_1	b	d	a	c
y_4'	b_1	d_2	c_3	a_4	b_2	d_4	c_1	a_3	b_3	d_1	c_4	a_2	b_4	d_3	c_2	a_1	b	d	c	a

En uno cualquiera de estos cuadros haremos las observaciones siguientes:

Los valores de y, que son iguales, están comprendidos en la columna que carece de subíndices.

Cualquiera que sea el valor de m, tendremos siempre m columnas; y en cada línea de cada columna, $m-1$ letras, con las cuales podremos verificar $\underline{|m-1}$ *combinaciones,* las cuales, divididas en m columnas, dan un cociente de $\frac{\underline{|m-1}}{m} = \underline{|m-2}$ líneas, o sean matrices coincidentes. En el caso actual, $\underline{|m-2} = \underline{|3} = 6$.

Multiplicando $\underline{m-2}$ líneas por $m-1$ letras y por m columnas, el producto es el total de $\underline{|m}$ elementos; actualmente, $\underline{|5} = 120$.

Según dije en la primera parte, los exponentes de cada término de la determinante de la fórmula *(A)* puesta en matriz o elevada a la $m^{ésima}$ potencia, suman m unidades, por lo cual, en dicha determinante

$$y^m + C_2 y^{m-2} + C_3 y^{m-3} + \ldots + C_{m-1} y + C_m = 0,$$

la suma de exponentes de cada término en los coeficientes C_2, $C_3 \ldots C_{m-1}$, b_m (término independiente de y) irá aumentando, unidad por unidad, desde 2 hasta m.

Si nos conviniese igualar dichos coeficientes a los respectivos de la ecuación general *(B)*, procederíamos como en el siguiente ejemplo, en el cual hacemos uso de la determinante de quinto grado, hallada en la primera parte:

$$\left.\begin{aligned}
C_2 &= -5(ad + bc) = P. \\
C_3 &= -5(a^2c + ab^2 + c^2d + bd^2) = Q. \\
C_4 &= -5(a^3b + ac^3 - a^2d^2 + abcd - b^2c^2 + b^3d + cd^3) = R. \\
C_5 &= -5(a^2b^2d - a^3cd - ab^3c + a^2bc^2 + b^2cd^2 - bc^3d - abd^3 + ac^2d^2) + \\
&\qquad - a^5 - b^5 - c^5 - d^5 = S.
\end{aligned}\right\} (C)$$

Si deseamos averiguar el valor de a, b, c, d, en función de P, Q, R, S, para conocer la raíz *(A)* de la cual procede la ecuación general *(B)*, los hallaremos resolviendo el sistema *(C)*, de cuatro ecuaciones con cuatro incógnitas; y después de eliminar tres $(m-2)$ de éstas obtendremos la cuarta en una ecuación final del grado $\underline{|m} = \underline{|5} = 120$, producto de los grados de las ecuaciones *(C)*. Estudiadas las condiciones algebraicas, racionalmente necesarias, a las cuales debe satisfacer esta ecuación final, resulta lo siguiente.

Es tan absoluta la simetría de los primeros miembros de *(C)*, que, si sucesivamente reservamos cada una de las incógnitas para la ecuación final, obtendremos cuatro $(m - 1)$ ecuaciones finales, idénticas en sus coeficientes:

$$\varphi(a) = 0, \quad \varphi(b) = 0, \quad \varphi(c) = 0, \quad \varphi(d) = 0, \qquad (D)$$

cualquiera de las cuales nos dará todos los valores posibles para a, b, c, d.

Es absurdo, y, por lo tanto, no puede suceder que sus raíces sean $p, q, r, s \ldots p', q', r', s' \ldots$ distintas de $a, b, c, d \ldots$, porque entonces resultaría que y tendría más de $m = 5$ valores o raíces, lo cual queda dicho que es imposible.

Igualmente absurdo es suponer que la ecuación final contuviese $\lfloor 5 - x$ soluciones útiles y x soluciones extrañas, cuando las condiciones del problema exigen que las $\lfloor 5 = 120$ raíces sean útiles y necesarias: *primero,* porque al eliminar incógnitas y aislar cualquiera de ellas en las ecuaciones *(D),* ha desaparecido todo rastro de la coordinación que elegimos para desarrollar la determinante, cuyos coeficientes son los primeros miembros de *(C);* y, como cualquiera de las determinantes de las matrices coincidentes pudo servirnos para plantear el problema, es evidente que la ecuación final no respondería a sus propias y necesarias condiciones algebraicas si no contuviese todos los elementos que concurren a la formación de las matrices coincidentes, de modo que nunca pueda faltar la coordinación que sirvió de base. *Segundo,* porque asignados valores numéricos a dichas raíces, a, b, c, d, éstas han de ser en número suficiente para formar todas las coordinaciones correspondientes a las ecuaciones numéricas distintas, pero procedentes de todas las matrices coincidentes de su grado.

Concluyo, pues, afirmando que las $\lfloor m = 120$ raíces de las ecuaciones *(D)* son los 120 elementos de uno cualquiera de los preinsertos cuadros.

Sean $a', a'', a''' \ldots$ los valores hallados para los elementos ar_1, ar_2, $ar_3 \ldots$; $b', b'', b''' \ldots$ para br_1, br_2, $br_3, \ldots$, etc., etc. Es evidente que existirán las igualdades $ar_1 = a'$, $ar_2 = a'' \ldots$ $br_1 = b' \ldots$, y lo mismo ocurrirá con los demás elementos; luego la ecuación final que analizamos estará formada por series de factores simples de la forma siguiente, llamando z a una cualquiera de las raíces

$$(z - ar_1)(z - ar_2)(z - ar_3)(z - ar_4)(z - ar_5) = z^5 - a^5 = 0,$$
$$(z - br_1)(z - br_2)(z - br_3)(z - br_4)(z - br_5) = z^5 - b^5 = 0,$$
$$(z - cr_1) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = z^5 - c^5 = 0,$$
$$(z - dr_1) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = z^5 - d^5 = 0;$$

porque cada elemento está multiplicado igual número de veces por cada una de las raíces quintas de la unidad, y así cualquiera de las ecuaciones (D) estará compuesta del siguiente modo:

$$(z^5 - a^5)^6(z^5 - b^5)^6(z^5 - c^5)^6(z^5 - d^5)^6 = 0,$$

la cual es inmediatamente reducible del grado $\underline{|m} = \underline{|5} = 120$ al grado $\underline{|m-1} = \underline{|4} = 24$; por lo cual, designando por mayúsculas las quintas potencias, tendremos:

$$(Z - A)^6(Z - B)^6(Z - C)^6(Z - D)^6 = 0,$$

ecuación que ha de tener sus raíces iguales de seis en seis; así, por el método de las funciones derivadas, podremos apartar las que están repetidas, y nos quedará para resolver la siguiente:

$$(Z - A)(Z - B)(Z - C)(Z - D) = 0. \qquad (E)$$

después de lo cual sacaremos las raíces quintas de A, B, C, D, ordenándolas de modo que, conocido el valor numérico de la fórmula (A), reduzca a cero la ecuación numérica (B). Y como (E) es de cuarto grado, considero resuelta la de grado quinto.

Con idénticos razonamientos, considerando que m es un número primo cualquiera, llegaríamos a establecer la ecuación

$$(Z - A_1)^{\underline{|m-2}}(Z - A_2)^{\underline{|m-2}} \dots (Z - A_{m-2})^{\underline{|m-2}}(Z - A_{m-1})^{\underline{|m-2}} = 0,$$

que, apartadas las raíces repetidas, se reduce a

$$(Z - A_1)(Z - A_2) \dots (Z - A_{m-2})(Z - A_{m-1}) = 0,$$

ecuación de grado par, inferior en una unidad al de la que intentamos resolver.

II

Antecedentes

Permítaseme que, al aproximarme al fin de mi trabajo, vuelva la vista hacia atrás, para mirar el camino recorrido.

Sea o no nula su importancia, los descubrimientos son de dos orígenes: la casualidad de hallar una cosa cuando se busca otra, o la voluntad deliberada de quien busca el camino a propósito para conseguir su objeto.

De lo primero me han ocurrido varios casos sin ninguna importancia, de los cuales recuerdo alguno: Hace muchos años, cuando empezaba a estudiar la Geometría analítica y procuraba adiestrarme resolviendo pequeños problemas, al plantear y analizar cierta ecuación de cuarto grado, encontré que en ella estaban contenidos todos o casi todos los teoremas fundamentales de la Trigonometría; y en las mismas circunstancias, planteada la ecuación para buscar por aproximaciones sucesivas al infinito una tangente a la curva logarítmica, vi que ésta podía ser construída por puntos, sin más cálculos ni instrumentos que el doble decímetro para dividir en partes iguales el eje de las abscisas, directriz de la curva y representante de los logaritmos; una escuadra para trazar las ordenadas, representantes de los números, y una regla para tirar líneas oblicuas desde los puntos de división de la directriz, o sea desde los pies de las ordenadas, sucesivamente, a la ordenada elegida y a las siguientes, apoyando la regla en las intersecciones de dichas líneas con aquella ordenada y las sucesivas, siendo estas intersecciones puntos de la curva.

En el caso actual, el procedimiento fué deliberado.

Un oficial de infantería, que había rodado mucho por caminos, bosques, campamentos y pequeñas guarniciones, pero nunca por laboratorios, podía atreverse a emprender cualquiera lucubración que no exigiese más aparatos que pluma, papel, tinta, el parche de un tambor o la mesa del Cuerpo de guardia; las brillantes e inmediatamente útiles aplicaciones de la Mecánica o la Física no están al alcance de quien carezca de mucha práctica, aunque posea algunos conocimientos teóricos.

Me decidí, pues, a intentar la resolución de la ecuación general algebraica siguiendo plan determinado.

No conocía en aquella época los trabajos de Abel y Wanzel, pero, sí, la

tentativa de Descartes para dividir las ecuaciones de grado par en factores de segundo grado; la de Tschirnaüss y otros para hallar una transformada con varios coeficientes reducidos a cero, y alguna otra de menor importancia. Todos tropezaban en el mismo escollo y se daban por vencidos: el grado de las ecuaciones auxiliares, siempre superior al de la que se intentaba resolver, si éste era superior al cuarto.

La cita de los trabajos, arriba mencionados, de Abel y Wanzel, en concepto de obra definitiva, repercutía por casi todas partes y llegaba a mis oídos, ya como irónico zumbido, ya como golpe de contundente maza. Hube, pues, de buscar la obra y leerla cuando llevaba algo adelantada la mía. De estos autores pensé lo mismo que de los otros: mientras estos señores no demuestren que no se puede hallar ecuación resolvente que, aun siendo de grado superior, sea reducible a grado inferior, no han demostrado nada.

Pero volvamos al principio.

Consideré que la fórmula resolvente debía contener radicales que, eliminados, elevaran la ecuación de tipo al grado de la general. También observé que el número de letras o elementos enteros de la fórmula, había de ser igual al de las ecuaciones auxiliares que se pudiera formar, y con condiciones tales que dichos elementos no se desvanecieran en el cálculo.

Fuí desechando fórmulas particulares cuya aplicación no pasaba del cuarto grado; por ejemplo:

$$x_2 = (\sqrt{a} + \sqrt{b})^2 ; \quad x_3 = (\sqrt[3]{a} + \sqrt[3]{b})^3 + h;$$
$$x_4 = (\sqrt{a} + \sqrt{b} + \sqrt{c})^2 + h.$$

Precisamente las facilidades que ofrecen estas fórmulas particulares de los primeros grados, han engañado quizá a los investigadores, haciéndoles creer que, de no ofrecer igual facilidad, no podía existir fórmula general resolvente.

Las aplicables a mi objeto (porque engendran la ecuación de todos los grados) que se me ocurrieron, fueron únicamente dos: una, en forma de fracción continua, con un radical en el último denominador; otra, la que sirve de base a mi teoría; deseché la primera porque su completa asimetría no parecía ofrecer la menor probabilidad de conducirme a ecuaciones auxiliares susceptibles de rebaja, y me dediqué a estudiar la segunda, que se hallaba en caso completamente contrario. Siguiendo este sendero desarrollé la primera parte de la teoría.

El examen de una matriz con sus m^2 elementos, no bastaba para explicar el grado $\underline{|m}$ de la ecuación final del sistema de los coeficientes;

pero establecí las matrices coincidentes que inmediatamente resolvían el problema. Dicha ecuación final es la ecuación de todos los elementos de estas matrices.

III

Ecuaciones de grado compuesto

Las alteraciones del valor de una coordinación tienen su origen en el número de permutaciones de sus elementos; por lo tanto, estas permutaciones, aplicadas con igual método a coordinaciones pares e impares, ha de dar resultados iguales en las de la misma clase, y distintos en las de clase diferente. Efectivamente, si trasladamos un elemento de lugar impar, al principio o al fin de coordinación impar, le habremos hecho recorrer espacios pares en uno u otro sentido; pero, si era de lugar par, impar sería el número de los espacios o puestos recorridos. En coordinación de grado par y en igualdad de procedimiento, el elemento de lugar impar recorrerá puestos en número impar si lo trasladamos al extremo derecho, y par si lo llevamos al izquierdo, y viceversa, si era par el sitio que ocupaba. Así, lo que ocurra en el grado impar m ocurrirá en el grado $m + 2p$; y lo mismo sucederá en el grado $2n + 2p$, con respecto al grado $2n$.

Por lo cual digo que, si en quinto grado (1), apuradas las $\underline{|m-2}$ combinaciones que empiezan por una misma letra, no encontramos nuevas matrices o combinaciones coincidentes, lo mismo sucederá en todas las coordinaciones de grado impar.

Por las mismas razones, en grado par, además de las $\underline{|m-2}$ matrices coincidentes cuyos elementos son los únicos que aparecen en la ecuación resolvente cuyo grado es $\underline{|m}$, hay otras que exceden de aquella cifra (2), puesto que tal ocurre en 4.° grado, según se observa en el cuadro siguiente:

---

(1) En tercer grado, $\underline{|3-2} = 1$, no hay matrices coincidentes; en el segundo grado es lo mismo: $\underline{|2-2} = \underline{|0} = 1$. (Véase la segunda parte.)

(2) Quizá el número total de matrices coincidentes en grado par sea $\frac{\underline{|m}}{2}$; pero, como esto carece de importancia, no lo indago.

y_1	$a_1\ b_2\ c_3$	$a_2\ b\ c_2$	$a_3\ b_2\ c_1$	$a\ b\ c$
y_2	$a_1\ c_2\ b_3$	$a_2\ c\ b_2$	$a^3\ c_2\ b_1$	$a\ c\ b$
y_3	$b_1\ a_2\ c_3$	$b_2\ a\ c_2$	$b_3\ a_2\ c_1$	$b\ a\ c$
y'_2	$b_1\ c_2\ a_3$	$b_2\ c\ a_2$	$b_3\ c_2\ a_1$	$b\ c\ a$
y'_3	$c_1\ a_2\ b_3$	$c_2\ a\ b_2$	$c_3\ a_2\ b_1$	$c\ a\ b$
y'_1	$c_1\ b_2\ a_3$	$c_2\ b\ a_2$	$c_3\ b_2\ a_1$	$c\ b\ a$

$\left.\begin{matrix} y_1 = y'_1 \\ y_2 = y'_2 \end{matrix}\right\}$ coincidentes; $y_3 = y'_3$, coincidente y excedente.

Podría ofrecerse la duda de que encontráramos, al resolver el sistema de ecuaciones de los coeficientes en los grados compuestos, las incógnitas $a\ b \ldots g\ h$ en ecuaciones finales de distintos grados, siendo necesario sustituir los valores hallados en unas ecuaciones, en las otras, como se verificaría en un sistema de primer grado. Esta necesidad no existe, aunque en la fórmula

$$y = a\sqrt[rs\ldots]{k} + b\sqrt[rs\ldots]{k^2} + \ldots + h\sqrt[rs\ldots]{k^{rs\ldots-1}}$$

existan términos

$$d\sqrt[rs\ldots]{k^{r\cdots}} = d\sqrt[s\ldots]{k^{\cdots}}; \quad f\sqrt[rs\ldots]{k^{s\cdots}} = f\sqrt[r\ldots]{k^{\cdots}},$$

cuyos índices son de grado menor que el grado de la determinante. Efectivamente, cualquiera que sea el de ésta, la ecuación final del sistema es del grado $\underline{|m}$ (sea simple o compuesta la cifra m), y contiene, por lo tanto, todos los elementos de las ecuaciones coincidentes, los cuales son sustituíbles unos por otros en la coordinación. La única diferencia que puede existir, y efectivamente existe, es que los exponentes de la incógnita en la ecuación final, en lugar de ser divisibles por m, como ocurre cuando esta letra representa un número primo, lo son por el menor divisor que entra en ella cuando el número es compuesto.

Y como siempre los elementos de las matrices de repetición se repiten en el mismo orden, siempre también la ecuación final resolvente estará compuesta de factores iguales de la forma

$$z^{m-1} + A_1 z^{m-2} + \ldots + A_{m-2}\, z + A_{m-1} = 0,$$

uno de los cuales podremos aislar, apartando raíces iguales, con lo cual quedará resuelto el problema.

Véase el siguiente ejemplo de cuarto grado que presta gran facilidad para la discusión.

El sistema de ecuaciones es

$$4ac + 2b^2 + P = O \qquad [1]$$

$$4a^2b + 4bc^2 + Q = O \qquad [2]$$

$$a^4 - 2a^2c^2 + c^4 + 4ab^2c - b^4 + R = O \qquad [3]$$

En [1], $a = -\dfrac{2b^2 + P}{4c}$ que subtituyo en [2] y [3]:

$$16bc^4 + 4Qc^2 + b\,(2b^2 + P)^2 = O. \qquad [4]$$

$$256c^8 + (256R - 384b^4 - 128Pb^2 - 32P^2 - 512b^2 - 256P)\,c^4 +$$
$$+ 16b^8 + 32Pb^6 + 24P^2b^4 + 8P^3b^2 + P^4 = O \qquad [5]$$

En [4] hallamos:

$$c^2 = \frac{-Q + \sqrt{Q^2 - 64b^6 - 64Pb^4 - 16P^2b^2}}{8b} = \frac{-Q + \sqrt{L}}{8b} \qquad [6]$$

En [5], para simplificar igualmente, y después de sacar 32 por factor común del coeficiente de c^4, haremos:

$$256c^8 + 32Mc^4 + N = O \qquad [7]$$

Desde luego, podemos observar que la eliminación de b nos daría una ecuación final del grado 24, que sólo contendría potencias pares de c o de a, que desempeña igual papel que c en [1], [2] y [3], y vamos a ver que la ecuación final en b es de igual forma.

Sustituyo el valor de c^2, hallado en [6], en la ecuación (7):

$$\frac{(-Q + \sqrt{L})^4}{16b^4} + \frac{M(-Q + \sqrt{L})^2}{2b^2} + N = O;$$

y efectuando operaciones indicadas, y pasando con signo contrario los términos irracionales al segundo miembro, resulta:

$$Q^4 + 6Q^2L + L + 8MQ^2b^2 + 8MLb^2 +$$
$$+ 16Nb^4 = 4\,(Q^3 + 4QL + 16MQb^2)\sqrt{L} \qquad [8]$$

No necesitamos fatigarnos continuando el cálculo, porque su análisis nos demostrará el resultado. Llamando a las expresiones racionales de [8]

X, Z, esta ecuación se convertirá en

$$X = Z\sqrt{L}$$
$$X^2 = Z^2 L \qquad [9]$$

donde, examinando lo que las letras mayúsculas representan, veremos desde luego que, en el primer miembro, hay términos que contienen b^{24} y b^{22} que no pueden ser anulados por términos del segundo miembro, donde los exponentes de b no alcanzan tales cifras. Resulta, pues, que tanto a, como b y como c, vienen dados por ecuaciones de la forma prevista y que necesariamente han de ser iguales, puesto que representan lo mismo: los elementos de las matrices coincidentes.

La sencillez de la determinante del cuarto grado nos permite emplear un método rápido para llegar a una ecuación de b que no contenga raíces repetidas.

En [1], [2] y [3], podemos hacer:

$$4ac = -(2b^2 + P)$$
$$4a^2c^2 = \frac{(2b^2 + P)^2}{4}$$
$$a^2 + c^2 = -\frac{Q}{4b}; \qquad a^4 + 2a^2c^2 + c^4 = \frac{Q^2}{16b^2}$$
$$a^4 + 2a^2c^2 + c^4 - 4a^2c^2 + 4acb^2 - b^4 + R = O$$

y sustituyendo

$$\frac{Q^2}{16b^2} - \frac{(2b^2 + P)^2}{4} - b^2(2b^2 + P) - b^2 + R = O$$
$$64b^6 + 32Pb^4 - (4P^2 - 16R)\,b^2 - Q^2 = O \qquad [10]$$

Esta ecuación [10] es un factor de la ecuación [9]: supongamos que sus raíces son

$$\pm a', \qquad \pm b', \qquad \pm c', \qquad [11]$$

las cuales no están ligadas por relación ninguna, supuesto que P, Q, R, pueden corresponder a todas las ecuaciones de tercer grado; si correspondiesen a una b invariable, estarían ligadas por el hecho de que esta letra debiera aparecer siempre con su valor numérico, multiplicado sucesivamente por las raíces cuartas de la unidad br_1, br_2, br_3, y aun nos faltaría el término o raíz br_4; luego estas raíces no corresponden a la su-

puesta b invariable; y las tres raíces numéricamente iguales no son las que podemos hallar en [10]. Por lo tanto, nos vemos obligados a admitir, en vista de que no están ligados por ninguna relación, que son los tres valores numéricos de $a, b, c,$ por lo cual, siendo $a' = a$; $b' = b$; $c' = c$; si multiplicamos los seis valores hallados [11] por las cuatro raíces cuartas de la unidad, obtendremos los $\underline{|4} = 24$ elementos de las matrices coincidentes de este grado.

Si queremos hallarlos en una sola ecuación, procederemos de otro modo: el valor de a (ó c) hallado en [1] y sustituído en [2], nos dará la ecuación:

$$16bc^4 + 4Qc^2 + b(2b^2 + P)^2 = O$$

por lo cual, despejando c, hallaremos:

$$c\,(\text{ó } a) = \pm \sqrt{\frac{-Q \pm \sqrt{Q^2 - 4b^2(2b^2 + P)^2}}{8b}}$$

cuyo segundo miembro contiene 24 valores, sustituyendo en él los seis hallados en [10].

Es de advertir, según lo que expuesto queda, que la ecuación $\varphi(a) = 0$ de los elementos de las matrices coincidentes, del grado $\underline{|m^{ésimo}}$, es la $m\,\underline{|m-2^{ésima}}$ potencia de la ecuación del grado $(m-1)^{ésimo}$ de las raíces desiguales contenidas en aquélla; por lo cual, extrayendo la raíz $m\,\underline{|m-2^{ésima}}$ de la primera, obtendremos directamente la segunda, sin necesidad de emplear medios más enojosos.

CONCLUSION.

Inmediatamente después de ideadas las matrices coincidentes, y sin necesidad de pensarlo, ocurren problemas como el de hallar las relaciones existentes entre las determinantes respectivas, aplicándolas a las correspondientes ecuaciones numéricas. En la ciencia, cuando se abre un camino, la loca de la casa se exalta y ve o cree ver a cada momento nuevos horizontes, a los cuales un hombre solo nunca llega. Dos siglos hace que el ilustre Leibnitz inventó el cálculo combinatorio, y todavía, en ese terreno tan sabiamente explotado por nuestros antecesores, encontramos nuevas plantas, porque el progreso científico no tiene límite; y no he de incurrir en la atrevida presunción de intentar ponérselo sacando todas las

consecuencias posibles de una teoría, de la cual no me he permitido ofrecer más que las bases.

Contra todo lo que era de esperar, he llegado al principal objeto que me había propuesto: la resolución literal de la ecuación general algebraica. Años atrás, hablando de este asunto, un sabio me decía: «Si eso se consiguiese, llegaríamos a poseer una verdadera *teoría general de las ecuaciones*, de la cual hoy carecemos.» Y posteriormente, otro sabio, hablando en broma y familiarmente, insistía en la misma idea, diciendo que lo que actualmente recibe la denominación subrayada, es un conjunto de «pegotes», y solamente adquiriría unidad si se lograra encontrar la resolución buscada. Doy lo que mis débiles fuerzas me han permitido; otros con más inteligencia y saber hagan lo demás.

Doy también por conclusa la tarea que me impuse, y termino dando las gracias a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y a su docta Revista, por su bondad al dar publicidad a mis modestos trabajos, que, sin su valioso auxilio, no hubieran salido a luz.

Adiciones a la fauna de anélidos del Cantábrico

por

Enrique Rioja

En el presente trabajo reuno los nuevos datos, referentes a la fauna de anélidos, recogidos por mí en el verano de 1917, durante una excursión organizada por el Museo Nacional de Ciencias Naturales a la costa de Gijón, y de la cual formé parte, otras citas proceden de Santander, en donde capturé interesantes especies, no obstante la brevedad de mi permanencia en esta localidad en el citado verano.

El número de especies mencionadas se eleva a treinta, de las cuales doce son nuevas para la fauna de España y dos nuevas para la ciencia.

Es interesante observar que conviven en el Cantábrico especies de mares fríos, como el *Streblosoma Bairdi* (Malmgren), con otras procedentes de Madera, como la *Potamilla rubra* (Langerhans).

Todas las especies fueron recogidas con los escasos medios de exploración litoral de que disponíamos. Seguramente el día que en el Cantábrico se empleen de un modo científico y sistemático los medios adecuados de recolección a medianas y grandes profundidades, se aumentarán considerablemente las especies de su fauna, como hacen presumir las novedades encontradas por las expediciones científicas extranjeras que por él han pasado, y las formas interesantes recogidas por los pescadores de esta región con sus aparejos de pesca.

Familia **Spionidæ** Sars.

Spio Martinensis Mesnil, 1896.

1896. *Spio Martinensis,* Mesnil.—Bull. Sc. d. l. France et d. l. Belgique.

De esta especie he recogido dos jóvenes ejemplares de 15 mm. de longitud por 1,5 mm. de anchura.

El prostomium, redondeado en la porción anterior, lleva cuatro ojos pequeños, de los que los dos anteriores son de mayor tamaño, y están constituídos por dos pequeñas manchas oculares, en contacto una con otra; la distancia que separa entre sí los ojos del primer par es mayor que la que existe entre los del segundo.

Las branquias aparecen en el primer segmento setígero, continuando hasta los últimos segmentos del cuerpo. La branquia es constantemente mucho mayor que la membrana dorsal, disminuyendo bastante de tamaño en los últimos segmentos setígeros.

Los ganchos aparecen, en los ejemplares por mí observados, en el 14 segmento setígero; están dispuestos en una sola fila, existiendo, generalmente, seis a ocho en cada parápodo. Estos ganchos son encapuchados, presentando dos puntas agudas, de las cuales la anterior es bastante más grande y más aguda que la posterior.

El segmento anal está provisto de cuatro cirros, que rodean el ano, siendo los más largos los del lado dorsal.

Los cirros anales son alargados, como corresponde a individuos jóvenes, en tanto que en los adultos son foliáceos, con el borde redondeado, como representa Mesnil para los ejemplares por él estudiados. *(Loc. cit.* Lám. VIII, fig. 20.)

Gijón.—Dos ejemplares recogidos en la canal del Dique, enterrados en la arena.

Nerinides cantabra n. sp.

1917. *Nerine sp.*, Rioja.—Anélidos poliquetos del Cantábrico, página 14.

Ejemplares de esta especie fueron observados por mí en 1917; pero la captura de otros, en mejor estado, me han permitido estudiarlos detenidamente, y hacer, por tanto, una descripción más detallada de esta nueva especie.

El cuerpo es muy frágil; midiendo de 60 a 80 mm. de longitud por 5 mm. de anchura en su porción anterior. Este anélido tiene anteriormente una coloración amarillenta rojiza, estando la porción posterior teñida de un tono verde obscuro; las branquias destacan del resto del cuerpo por su color rojo, intenso.

El prostomium (fig. 1.ª, *a*), ensanchando hacia delante, presenta su borde anterior plano o algo redondeado; estando provisto en su porción media de dos pares de ojos, de pequeño tamaño, siendo los menores los del primer par, que están más separados entre sí. El prostomium se termina pos-

teriormente en un tentáculo occipital, cuyo extremo está situado entre el segundo y tercer segmento setígero.

El primer segmento setígero (fig. 1.ª, *b*) está provisto de dos membra-

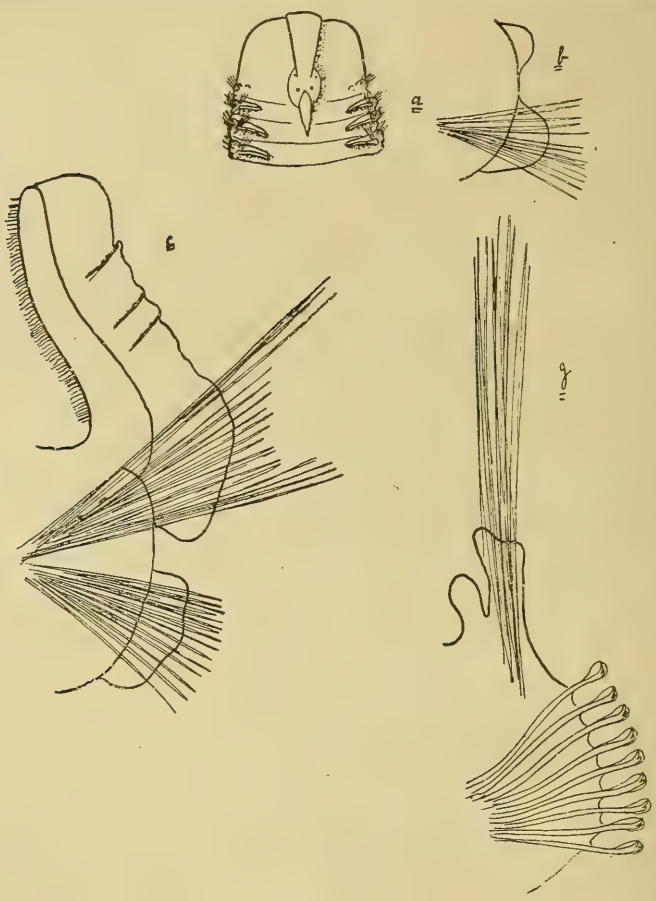


Fig. 1.ª

Nerinides cantabra n. sp.—*a*, porción anterior, vista dorsalmente, × 3; *b*, parápodo del primer segmento setígero, × 120; *c*, parápodo del 15 segmento setígero, × 120; *g*, parápodo de uno de los diez últimos segmentos branquíferos, × 120.

nas redondeadas, de las cuales la ventral es la mayor, llevando tan sólo un haz de cerdas capilares limbadas.

Las branquias aparecen en el segundo segmento continuando hasta el 90 o 100 segmento setígero, estando casi atrofiadas en los quince últimos branquíferos (fig. 1.ª, *g*). Estos órganos están provistos en su borde interno de largos cilios.

La membrana dorsal es muy ancha (fig. 1.ª, *c* y *d*), bordeando completamente la branquia hasta su extremidad en los 25 a 30 primeros segmentos setígeros; es de mayor longitud que aquélla, por lo que su borde externo presenta pliegues para adaptarse a la longitud de dicha branquia;

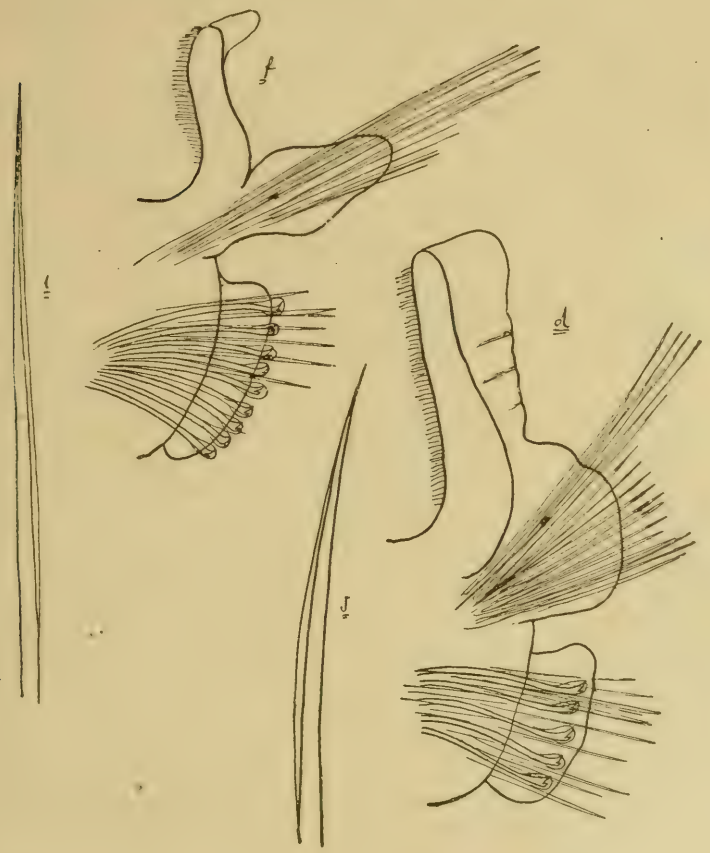


FIG. 1.ª *(continuación)*.

Nerinides cantabra n. sp.—*a*, parápodo del 23 segmento setígero, × 120; , parápodo de un segmento de la mitad del cuerpo, × 120; *i*, cerda de la rama dorsal de los últimos segmentos del cuerpo, × 290; *j*, cerda capilar limbada de la rama ventral de los primeros segmentos setígeros, × 290.

hacia el segmento 20 a 25, aparece una escotadura en dicha membrana (figura 1.ª, *d*) que en los segmentos siguientes llega hasta el nivel de la branquia, al mismo tiempo que la parte inferior o proximal se ensancha y redondea, uniéndose a la distal por un estrecho filete, quedando en los segmentos más posteriores completamente independientes ambas partes,

procedentes de la primitiva membrana dorsal continua (fig. 1.ª, *e* y *f*). Una vez separadas las dos porciones de la membrana, la parte inserta en

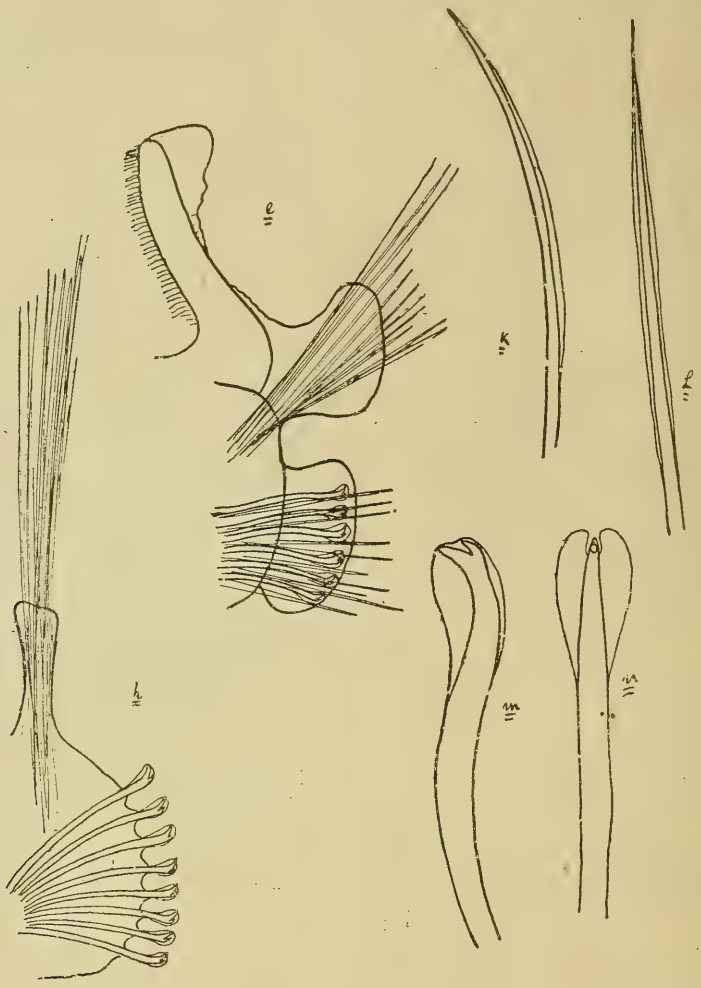


Fig. 1.ª *(continuación).*

Nerinides cantabra n. sp.—*e*, parápodo de un segmento de la mitad del cuerpo, × 120; *h*, parápodo de un segmento de la última porción del cuerpo, × 120; *k* y *l*, cerdas capilares limbadas de la rama ventral de los primeros segmentos uncinígeras, × 290; *m*, gancho visto lateralmente, × 290; *n*, gancho visto de frente, × 290.

el ápice de la branquia disminuye de tamaño (fig. 1.ª, *e* y *f*) en tanto que la porción inferior setígera se alarga, constituyendo un mamelón setígero ovoideo (fig. 1.ª, *d*, *e* y *f*). En los últimos segmentos branquíferos, la branquia queda reducida a un pequeño lóbulo (fig. 1.ª *g*) que desapare-

ce del segmento 90 a 100, haciéndose entonces el mamelón setígero dorsal muy alargado (fig. 1.ª, *h*) estando provisto de cerdas capilares de gran longitud, que en los segmentos en que las branquias tienen un mediano desarrollo, constituyen el hacecillo de cerdas dorsales superiores.

La membrana ventral es ancha, presentando en los primeros segmentos setígeros un saliente mediano redondeado (fig. 1.ª *c*). En los segmentos siguientes, se alarga su base de inserción (fig. 1.ª, *d, e* y *f*), siendo siempre única, y no presentando nunca ninguna incisión en su borde. En los últimos segmentos, los ganchos sobresalen de su margen al mismo tiempo que la membrana disminuye de altura, haciéndose sumamente estrecha y estando sostenida por éstos los mismos ganchos (fig. 1.ª, *f*, *g* y *h*).

Las cerdas de la rama dorsal son capilares limbadas, siendo las del hacecillo superior más largas, las cuales en segmentos posteriores constituyen por sí solas la rama dorsal, adquiriendo entonces extraordinaria longitud (fig. 1.ª, *i*). Las del hacecillo inferior son algo mayores que las del mediano (fig. 1.ª, *c*, *d* y *e*). En ningún segmento se encuentran ganchos en la rama dorsal.

La rama ventral está provista también de cerdas capilares limbadas, más robustas y cortas (fig. 1.ª, *j*) que las de la rama dorsal. Desde el segmento 20 a 25 setígeros aparecen ganchos bidentados; mezclados en un principio con cerdas capilares finas (fig. 1.ª *k* y *l*); aumentan de número en los segmentos siguientes, llegando, cuando más, a 14 o 16, dispuestos como las varillas de un abanico en una sola fila, y no en dos, como por error digo en mi anterior trabajo. (*Loc. cit.*, 1917, pág. 15). La punta anterior de estos ganchos es muy aguda (fig. 1.ª, *m*), y por lo menos tiene doble longitud que la posterior. Ambas puntas están encerradas en una cubierta bivalva (fig. 1.ª, *n*) que se observa fácilmente viendo el gancho de frente.

Esta especie se diferencia de la *Nerinides longirostris* (Qfgs.) y de la *N. tridentata* Southern por la forma del prostomium, que es en estas especies más agudo; por tener sus ganchos bidentados se aproxima a la especie de Quatrefages. La descripción que da Mac-Intosh de la *N. lamellata* hace presumir que pertenece a un género distinto.

Las especies del género *Nerinides*, hasta el día descritas, pueden diferenciarse del siguiente modo:

Nerinides	Con el prostomium prominente . . .	Con ganchos bidentados, *N. longirostris* (Qfgs.)
		Con ganchos tridentados, *N. tridentata* Southern.
	Con el prostomium no prominente y ganchos bidentados	*N. cantabra* n. sp.

Esta especie vive enterrada en la arena, siendo difícil coger ejemplares completos por la gran fragilidad de su cuerpo.

SANTANDER.—Dos ejemplares recogidos en las praderas de *Zostera marina* y *Posidonia* de los sables de la bahía.

GIJÓN.—Dos ejemplares; capturado uno de ellos en la canal del Dique y el otro en una de las ensenadas próximas al Cervigón.

EUSPIO MULTIOCULATA n. sp.

Mac-Intosh establece el género *Euspio* para los *Spio* que posean el prostomium con su lóbulo anterior bífido, un proceso peristomial a cada lado, más o menos desarrollado, y dos o tres pares de ojos.

La presente especie tiene un número muy variable de ojos, dispuestos de un modo irregular, formando un grupo a cada lado, y el prostomium ligeramente escotado en la línea media. A pesar de estas variaciones creo puede ser incluída en el género *Euspio,* modificando ligeramente su diagnosis, por no ser, a mi modo de ver, los anteriores caracteres diferenciales lo suficientemente importantes para constituir nuevo género.

Los ejemplares de esta especie miden de 20 a 25 mm. de longitud por 1,5 a 2 mm. de anchura.

El prostomium presenta en su parte anterior un lóbulo ligeramente escotado en su línea media, que da lugar a dos mamelones redondeados lateralmente (fig. 2.ª, *a*). En la parte media están situados los ojos dispuestos en dos grupos de un modo irregular en cada uno de ellos. Cada grupo está formado, cuando menos, de 3 ojos; existiendo, ordinariamente, 4 a 5 a cada lado, y aun, en ocasiones, 6 o 7; en algunos casos los grupos de ojos son algo alargados, en tanto que en otros están más o menos concentrados. Con frecuencia se observa una disimetría en el número y disposición de los ojos de cada grupo. El prostomium llega posteriormente al tercer segmento setígero. Los lóbulos laterales del peristomium, o procesos peristomiales, están poco desarrollados en esta especie.

Desde el primer segmento setígero aparecen las branquias, que continúan hasta los últimos segmentos del cuerpo.

El parápodo del primer segmento setígero (fig. 2.ª, *b*) tiene una membrana dorsal que es de una longitud próximamente igual a los dos tercios de la longitud de la branquia, con una punta superior aguda. La membrana ventral es triangular. En el segundo segmento (fig. 2.ª, *c*) la membrana dorsal es más aguda, la branquia de mayor tamaño y la membrana ventral tiende a la forma ovoidea. En los segmentos tercero y cuarto (fig. 2.ª, *d*) la membrana dorsal es de la misma forma que en el segundo segmento, pero

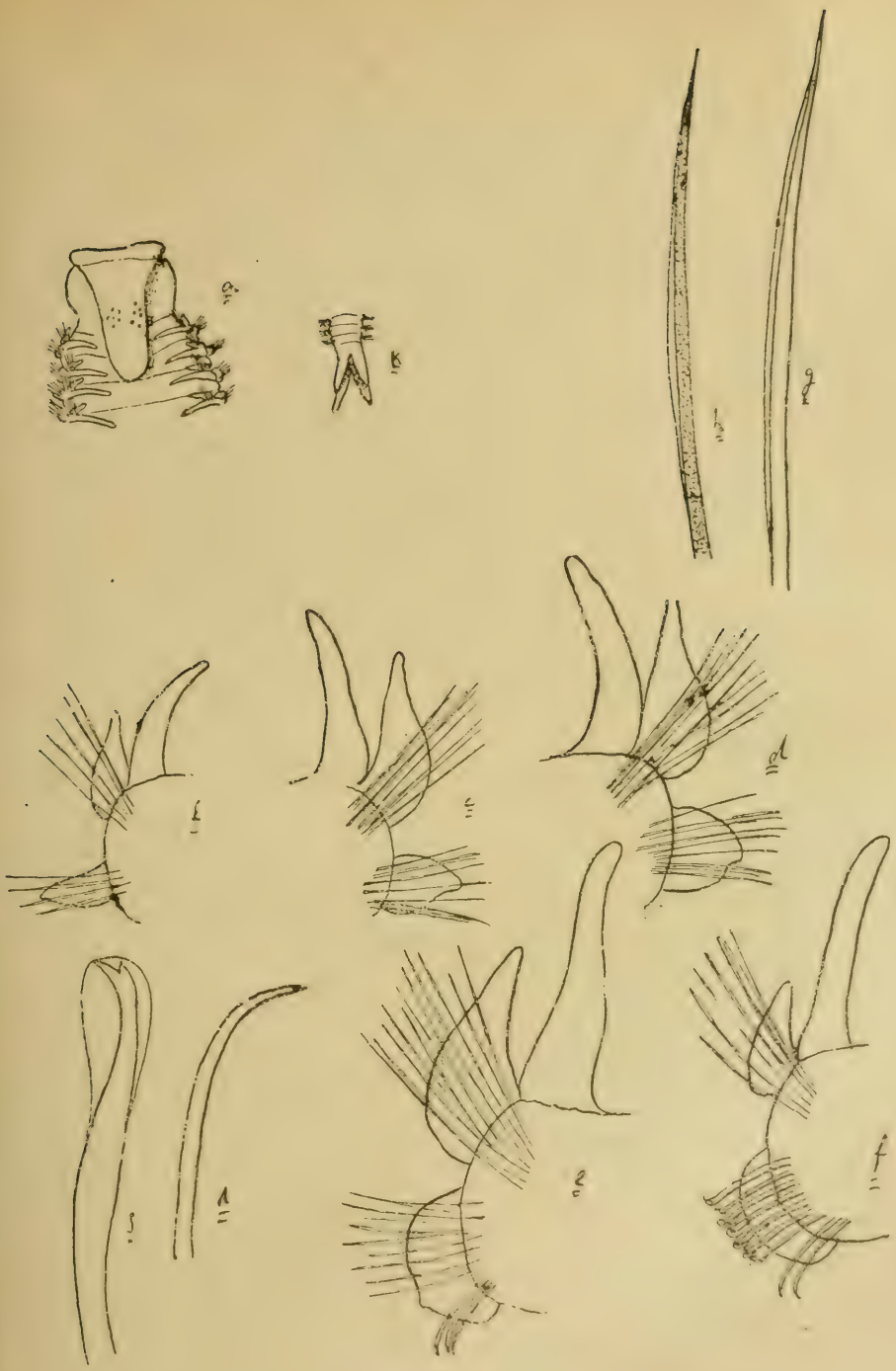


Fig. 2.ª

Enspio multioculata n. sp.—*a*, porción anterior, vista dorsalmente, × 4; *b*, parápodo del primer segmento setígero, × 80; *c*, parápodo del segundo segmento setígero, × 80; *d*, parápodo del cuarto segmento setígero, × 80; *e*, parápodo del 15 segmento setígero, × 80; *f*, parápodo de los últimos segmentos, × 80; *g*, cerda capilar fimbada de los primeros segmentos, × 380; *h*, cerda capilar punteada, × 380; *i*, cerda acicular de la rama ventral, × 380; *j*, gancho bidentado, 380 *k*, segmento anal visto ventralmente, × 4.

la es más ovoidea, existiendo un saliente lateral que representa el vértice de la membrana de forma triangular del primer segmento setígero. En los segmentos siguientes la base de inserción de la membrana ventral se hace bastante más ancha (fig. 2.ª, *e*). En los segmentos de la región posterior las membranas dorsal y ventral se alejan una de otra, disminuyendo al propio tiempo de tamaño (fig. 2.ª, *f*). La superior se hace menos aguda, y la inferior pierde el saliente lateral de los primeros segmentos setígeros.

Los primeros segmentos setígeros están armados, en ambas ramas, de cerdas capilares limbadas (fig. 2.ª, *g*), siendo las más largas las situadas en la porción superior del haz dorsal. A partir del sexto u octavo segmento setígero se encuentran algunas cerdas de estructura punteada (fig. 2.ª, *h*) en ambas ramas. Del sexto al décimo segmento, aparecen en la porción inferior del haz setígero ventral, cerdas aciculares encorvadas y fuertemente aguzadas en su extremidad (fig. 2.ª, *e* e *i*), en los primeros segmentos donde hacen su aparición son dos solamente, existiendo tres o cinco en los siguientes. Los ganchos aparecen en la rama ventral del segmento 28 a 32, existiendo cuatro al principio y seis u ocho en los segmentos que siguen.

Los ganchos son bidentados (fig. 2.ª, *j*), con la punta anterior algo más larga y aguda, y encerradas ambas en una especie de capuchón. En los primeros segmentos uncinígeros, los ganchos van acompañados de un par de cerdas capilares en la parte superior de la rama. Las cerdas aciculares que aparecen en la porción anterior del cuerpo, subsisten en la región en que existen los ganchos, encontrándose, por término medio, tres en cada parápodo uncinígero.

El ano (fig. 2.ª, *k*) está provisto de cuatro cirros, de los cuales, los dos dorsales son de mayor longitud.

El color general del cuerpo es rojizo, siendo de un tono más intenso en las branquias.

SANTANDER.—Algunos ejemplares recogidos en el sable de Enmedio enterrados en la arena.

POLYDORA (BOCARDIA) POLYBRANCHIA Haswell, 1885.

1893. *Polydora polybranchia,* Lo-Bianco.—Gli Annellidi tubicoli trovati nel Golfo di Napoli, pág. 28.

1893. *Polydora (Bocardia) polybranchia,* Carazzi.—Revisione del genere Polydora, pág. 16, figs. 1-3.

1896. *Polydora (Bocardia) polybranchia,* Mesnil.—Bull. Sc. d. l. France et de l. Belgique, fig. 221, lam. XIV, figuras 9-21 y 18 *pol.*

Esta especie se distingue de todas las restantes especies de *Polydora* por comenzar las branquias en el segundo segmento setígero; por tal carácter, Carazzi establece el subgénero *Bocardia.*

El lóbulo cefálico, ligeramente escotado, presenta a los lados fajas de pigmento obscuro. En la parte posterior existen manchas oculares en número variable, seis a ocho, dispuestas en grupos pareados; lo más frecuente es que existan cuatro, de las cuales las anteriores son de algún mayor tamaño y están más separadas entre sí que las del segundo par.

El quinto segmento, que carece de branquias, presenta ganchos de dos clases: unos terminados en punta encorvada, y otros con la extremidad ensanchada en una especie de cono truncado.

En Gijón recogí varios ejemplares en una especie de fango que recubre las piedras de la desembocadura del río Piles, en el que se entrecruzan filamentos de algas que le dan una consistencia particular.

POLYDORA FLAVA Claparède, 1870.

1870. *Polydora flava,* Claparède.—Annélides Chètopodes du Golfe de Naples, supplement, pág. 487.

1893. *Polydora flava,* Carazzi.—Revisione del genere Polydora, página 22, (lám. II. figs. 9 y 18 *f*).

1896. *Polydora flava,* Mesnil.—Bull. Sc. d. l. France et de l. Belgique, pág. 182, lám. XI, figs. 18 26 y lám. XII, figs. 1-22.

El lóbulo cefálico tiene dos procesos anteriores bastante desarrollados, careciendo completamente de pigmento obscuro y de manchas oculares. Las cerdas del quinto segmento son robustas, encorvadas y algo excavadas en el ápice. Las branquias comienzan en el octavo segmento setígero. En el noveno o posteriores aparece un fascículo de cerdas sumamente finas, que a poco aumento aparece como una mancha obscura. Los ganchos encapuchados comienzan en el séptimo setígero, carecen de ensanchamiento en el tallo; y están acompañados constantemente de una o dos cerdas capilares limbadas. El segmento anal tiene forma de copa cilindriforme.

GIJÓN.—Varios ejemplares recogidos en el interior de conchas de moluscos, habitando en un tubo fangoso, en la desembocadura del río Piles.

POLYDORA CILIATA (Johnston, 1838).

Algunos ejemplares recogidos en Gijón en las escolleras de Castrillón y desembocadura del río Piles, en galerías excavadas en las rocas del litoral, viviendo en un tubo fangoso.

Familia **Aricidæ** Audouin et M. Edwards.

NAINEREIS LÆVIGATA (Grube, 1855).

1855. *Aricia lævigata,* Grube.—Archiv. f. Naturgs., pág. 112, lámina IV, figs. 6-8.
1898. *Aricia lævigata,* Saint-Joseph.—Ann. Sc. Nat. (Zool) 8.ª serie, t. V, pág. 360, lám. XXI, figs. 168-175.
1906. *Nainereis lævigata,* Saint-Joseph.—Ann. Sc. Nat. (Zool), 9.ª serie t. III, pág. 167, lám. II, figs. 42-43.

Poseo varios ejemplares de una *Nainereis*, que creo poder referir a la *N. lævigata* Gr., no obstante de diferir, en algunos puntos, de las descripciones de Saint-Joseph y Grube.

Los ejemplares por mí estudiados miden de 6 a 8 mm. de longitud por 3 a 4 de anchura en su porción anterior. El cuerpo es de un tinte rosado, más o menos intenso, en la porción anterior, adquiriendo, insensiblemente, un tono blanquecino en la posterior.

El lóbulo cefálico es redondeado (fig. 3.ª, *a*) y algo deprimido, careciendo de manchas oculares; el segmento bucal es encorvado y sin cerdas. La boca está provista de una trompa muy característica (fig 3.ª, *b*), que sobrepasa, cuando está desembaginada, la anchura de los primeros segmentos del cuerpo y oculta por completo al lóbulo cefálico. Presenta de seis a ocho lóbulos membranosos, mal delimitados, cada uno de los cuales está provisto de dos a cuatro digitaciones acanaladas, con los bordes más o menos festoneados. Esta disposición de la trompa parece ser diferente a la mencionada por Saint-Joseph, pues este autor la compara con las branquias de los terebelidos, siendo de muy diferente aspecto en los ejemplares por mí observados.

La primera región está formada, en los ejemplares del Cantábrico, de 25 a 27 segmentos, que carecen de digitaciones o papilas ventrales.

El primer segmento setígero (fig. 3.ª, *c*) posee un cirro dorsal ovoideo; siendo el ventral de forma análoga, pero bastante más pequeño. El segundo

segmento tiene una constitución semejante. Las ramas dorsales de estos segmentos llevan cerdas capilares anilladas, muy largas y flexibles, y las

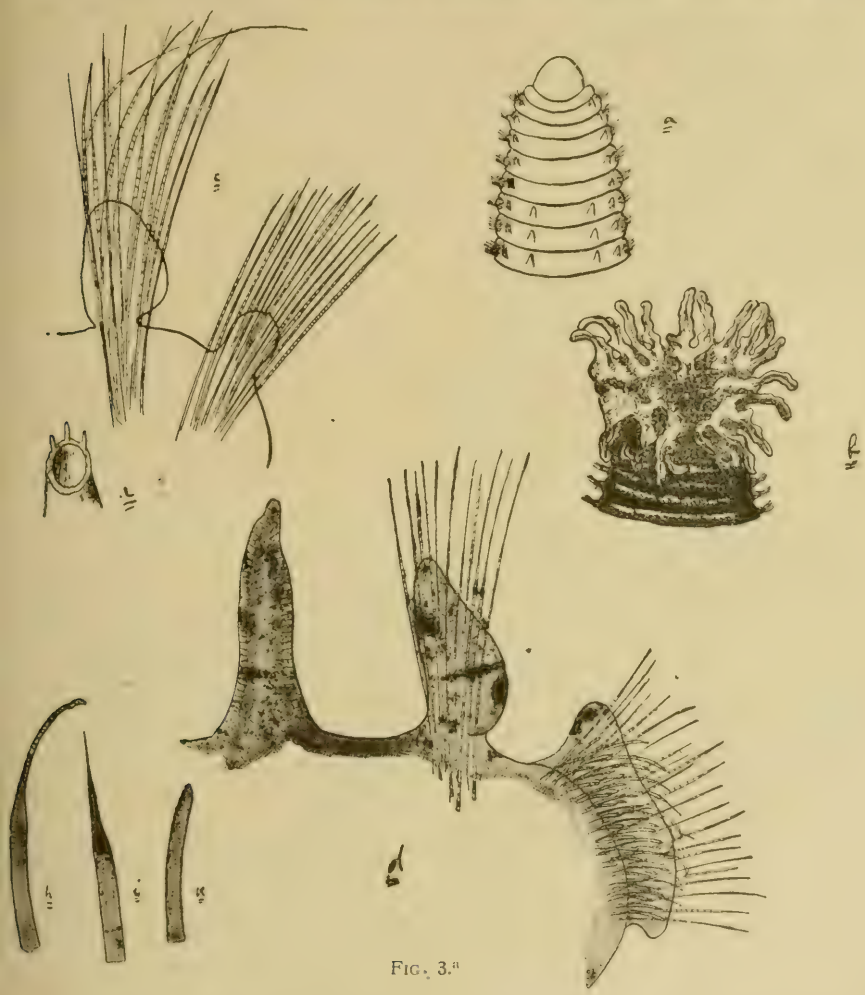


Fig. 3.ª

Nainereis lævigata (Grube).—*a*, porción anterior, vista dorsalmente, × 2; *b*, porción anterior, vista ventralmente con la trompa desembaginada, × 2; *c*, parápodo del primer segmento setígero, × 120; *d*, parápodo de la primera región, × 120; *e*, segmento anal, × 3; *h*, *i*, *k*, cerdas de la rama ventral de los segmentos de la región anterior con la parte terminal desgastada, × 290.

ventrales, cerdas capilares anilladas, más cortas que las de la rama ventral. Entre las bases de estas cerdas aparecen algunas acículas de color amarillo rojizo, semejantes a las que se encuentran en los restantes segmentos de la región anterior.

Un parápodo típico de la región anterior (fig. 3.ª, *d*) posee un cirro dorsal ovoideo, ensanchado cerca de su base. La rama ventral presenta una membrana alargada, situada por detrás de un mamelón setígero, armado de un gran número de cerdas, que más adelante tendremos ocasión de estudiar detenidamente.

Las branquias aparecen en el sexto segmento setígero (fig. 3.ª, *a*), en lugar de aparecer en el quinto segmento, como tiene lugar en los ejemplares estudiados por Grube y Saint-Joseph. En los primeros segmentos branquíferos, las branquias son pequeñas, creciendo en los segmentos sucesivos hasta alcanzar su máximum en los segmentos de la mitad del cuerpo.

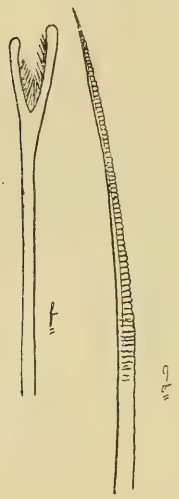


Fig. 3.ª *(continuación)*

Nainereis lævigata (Gr).— *f*, cerda en forma de furca de la rama dorsal, × 290; *g*, cerda capilar anillada de la rama ventral de los segmentos de la región anterior, × 290.

Los segmentos de la región posterior son algo más estrechos que los de la anterior, aproximándose los parápodos a la parte superior. El cirro dorsal se diferencia poco del de la primera región, en tanto que la lámina ventral es pequeña y triangular.

El segmento anal (fig. 3.ª, *e*), tubuloso y festoneado en el borde, presenta tres cirros cortos: uno, mediano, y dos, laterales.

Las cerdas de la rama dorsal, de ambas regiones del cuerpo, son de dos clases: unas, muy abundantes, que constituyen la mayor parte del fascículo, capilares anilladas, y otras, más raras, una o dos en cada rama, terminadas en furca (fig 3.ª, *f*), de ramas desiguales, algo ensanchadas en su extremo y con espinitas en su borde interno.

Las cerdas de la rama ventral de la región anterior son de diferentes formas, adquiridas por el desgaste al cual están sometidas. La forma fundamental o inicial de las cerdas de esta rama parece ser la capilar anillada (fig. 3.ª, *g*), algo más gruesa y corta que las de la rama superior; éstas se transforman en cerdas aciculares, de color amarillo claro, algo encorvadas, y con la porción superior dentada. He observado numerosas fases de tránsito entre unas y otras en el extremo superior de la rama ventral (figs. 3.ª, *h*, *i* y *k*).

Las cerdas, de color amarillo obscuro, de la región media de la rama están encorvadas, y no parecen esencialmente distintas de las capilares anilladas, de color amarillo claro, pues existen una serie de tonos intermedios que establecen el tránsito de un modo insensible entre unas y otras tonalidades. Cuando aparecen encorvadas, dan la impresión de ser las cer-

das anilladas primitivas, desgastadas y maltratadas por el uso constante. En esta continua evolución, estas cerdas, encorvadas y desgastadas, pierden su porción distal, quedando entonces convertidas en cerdas aciculares, de color amarillo obscuro, con el ápice irregularmente truncado, y algo más robustas que sus congéneres de color amarillo claro. Todas las cerdas de color obscuro presentan una estructura punteada, de que carecen las de tonalidades claras, y que parece ser una especie de degeneración de la substancia quitinosa constitutiva de la cerda.

La rama ventral de la región posterior está armada de dos clases de cerdas: unas, capilares, anilladas, casi tan largas como las de la rama dorsal, y otras, aciculares, cinco a siete en cada parápodo, y dispuestas en una sola fila.

Esta especie se halla enterrada en la arena o entre piedras sueltas, que quedan al descubierto en las mareas quincenales.

Gijón.—Se recoge en las ensenadas próximas al Cervigón.

Familia **Ophelidæ** Grube.

Polyopthalmus pictus (Dujardin, 1839).

Varios ejemplares procedentes de Gijón, donde fueron capturados a bajamar entre las algas de la costa, principalmente en la desembocadura del río Piles y en el Cervigón. Todos ellos poseen 28 segmentos setígeros.

Familia **Arenicolidæ** Audouin et M. Edwards.

Arenicola ecaudata Johnston, 1835.

1835. *Arenicola ecaudata,* Johnston.—Mag. Nat. Hist., vol. VIII, pág. 566.

1912. *Arenicola ecaudata,* Asworth.—Catal. of the Chotop. in the British Museum, pág. 132, lám. II, figs. 7-8; lám. IX, figura 19; lám. XI, figs. 34-35; lám. XV, figs. 52-53, y figuras 5-6-10-16*a*-28-29 y 36 del texto.

Esta especie ha sido claramente diferenciada por Asworth de la *A. branchialis*, por tener el primer par de branquias en el segmento 16,

y 13 pares de nefridios, que se abren desde el quinto al 17 segmento setígero.

Esta especie fué recogida en Gijón, siendo esta localidad el límite sur del área de dispersión de esta especie.

Poseo dos ejemplares procedentes de la ensenada anterior al Cervigón, que habitaban en un fango negruzco, intercalado entre piedras sueltas, juntamente con *Lumbriconereis Latreillii*.

Arenicola branchialis Audouin et M. Edwards, 1834.

Varios ejemplares recogidos en Gijón con la especie anterior, con la cual puede confundirse a primera vista.

Branchiomaldane vincenti Langerhans, 1881.

1881. *Branchiomaldane vincenti*, Langerhans.—Nova Acta K. Leop. Car. Akad XLII (1881), pág. 116, lám. V, fig. 21 (*fide* Asworth).

1912. *Branchiomaldane vincenti*, Asworth.—Catal. of the Chaetop. in the British Museum, pág. 147, figs. 59-68 texto y lám. XI, figs. 31-33.

Poseo un solo ejemplar de 23 mm. de longitud y, por tanto, de mayor tamaño que los restantes ejemplares hasta la fecha conocidos, dando Asworth 20 mm. como tamaño máximo.

El prostomium ovoideo posee cuatro grupos de ojos; dos dorsales y dos laterales, formados por un número variable y dispuestos sin ninguna regularidad.

Existen dos segmentos inermes: el primero de los cuales representa el peristomium. A continuación siguen 21 segmentos setígeros sin branquias, constituídos cada uno de ellos por varios anillos secundarios. En la parte inferior de la rama ventral de los parápodos correspondientes a los segmentos 5.° y 6.°, se hallan los orificios de los nefridios.

En el segmento 22 aparecen los branquias representadas en los primeros segmentos de esta región por un pequeño apéndice no ramificado, en tanto que en los segmentos siguientes se desdoblan en su base y las branquias están entonces formados por dos o tres, y más raramente cuatro filamentos.

Los segmentos de la región branquífera son bianillados, presentando una porción setígera ancha y una porción branquífera estrecha.

La rama dorsal de los parápodos está armada de cerdas de varias clases: unas limbadas con el ápice con espinitas (figûra 4.ª, *a*), otras sin limbo y con espinitas en toda su longitud, y, por último, otras semejantes a las anteriores, pero con una inflexión que les hace aparecer como dobladas. Los ganchos de la rama ventral de los parápodos tienen tres o cuatro dientes por encima del principal y un pequeño ensanchamiento en su tallo (fig. 4.ª, *b*). Generalmente existen cinco o seis en cada parápodo.

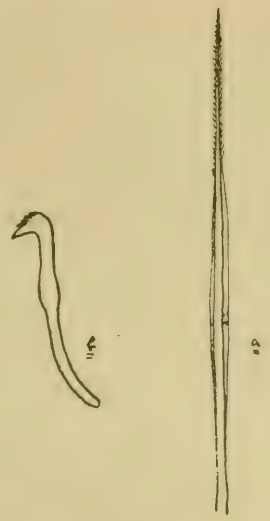


Fig. 4.ª
Branchiomaldanevincenti Langerhans. *a*, cerda de la rama dorsal, limbada y con el ápice con espinitas, × 290; *b*, gancho de la rama ventral, × 290.

Esta interesante especie fué descubierta por Langerhans en Tenerife y encontrada posteriormente en la ensenada Saint Martín por Mesnil y en Cherbourg por Asworth; por lo tanto era de presumir la existencia de este anélido en el Cantábrico por ser una localidad intermedia.

Este arenicolido tiene probables relaciones con las especies de la sección *ecaudata* del género *Arenicola*.

Gijón.—Un solo ejemplar recogido en una ensenada próxima al Cervigón.

Familia **Maldanidæ** Malmgren.

Clymene œrstedii Claparède, 1863.

Gijón.—Un pequeño ejemplar encontrado en la canal del Dique, encerrado en un tubo arenoso adherido a una piedra.

Jonhstonia clymenoides Quatrefages, 1865.

He observado un curioso ejemplar procedente de Gijón en el cual, la región anterior está en vías de regeneración (fig. 5.ª), presentándose ésta como un muñón carnoso, en la que empiezan a dibujarse la placa cefálica

y la quilla mediana. Existen tan sólo dos segmentos provistos de cerdas aciculares.

ARWIDSSONIA ZETLANDICA (Mac Intosh, 1913).

1913. *Axiothella zetlandica,* Mac Intosh.— Ann. Nat. Hist., serie 8.ª, vol. XI, pág. 106.

1915. *Arwidssonia zetlandica,* Mac Intosh.—Mon. Brit. Annel, volumen III, part I, pág. 331, lám. XCIX, figs. 6-6 *f* y lám. CX, figs. 5-5 *d*.

Poseo tan sólo ejemplares incompletos, por lo cual me ha sido imposible determinar el número de segmentos setígeros.

El cuerpo, ensanchado en su posición media, se atenúa hacia los dos extremos.

La placa cefálica, inclinada hacia el dorso, es de contorno redondeado, poseyendo un ancho limbo que anteriormente deja paso a una papila frontal redondeada y de pequeño tamaño (fig. 6.ª, *a*). A los lados y hacia la porción posterior existen dos escotaduras (fig. 6.ª, *a* y *b*), por detrás de las cuales se encuentra una región cuyo margen está lleno de dentellones o festones más o menos pronunciados. En la línea media, en la región posterior de dicho limbo, o sea en la porción festoneada, existe una escotadura no muy profunda y de contorno redondeado. Desde la base de la papila frontal hasta la mitad de la placa cefálica existe una quilla mediana bordeada por dos profundos surcos (fig. 6.ª, *a*). En los ejemplares de Mac Intosh esta quilla pasa del centro de la placa, llegando al tercio posterior de la misma. La boca está situada por debajo de la papila frontal y está provista de una trompa globulosa con pliegues longitudinales (fig. 6.ª, *b*).

FIG. 3.ª

Jonhstonia clymenoides Quatrefages. — Individuo con la porción anterior en vías de regeneración, ×3

Los tres primeros segmentos setígeros están armados, en la parte ventral, de una o dos acículas de color amarillo con la punta encorvada hacia la parte superior; el tallo de la acícula está ensanchado, constituyendo una paleta que se estrecha en su porción inferior (figura 6.ª, *c*). Las cerdas de la rama dorsal son de dos clases: unas limbadas (fig. 6.ª, *d*); algunas de las cuales son más largas y delgadas, con una inflexión cerca de un extremo (fig. 6.ª, *e*); y otras muy finas, poco numerosas y transparentes y plumosas (fig. 6.ª, *f*).

La rama ventral lleva desde el cuarto segmento setígero en ade-

lante, una fila de ganchos con cinco o seis dientes (fig. 6.ª *h*) por encima del principal, por debajo del cual y a cada lado, existe un haz de bárbulas subrostrales muy finas, que constituyen un pincel. Estos ganchos

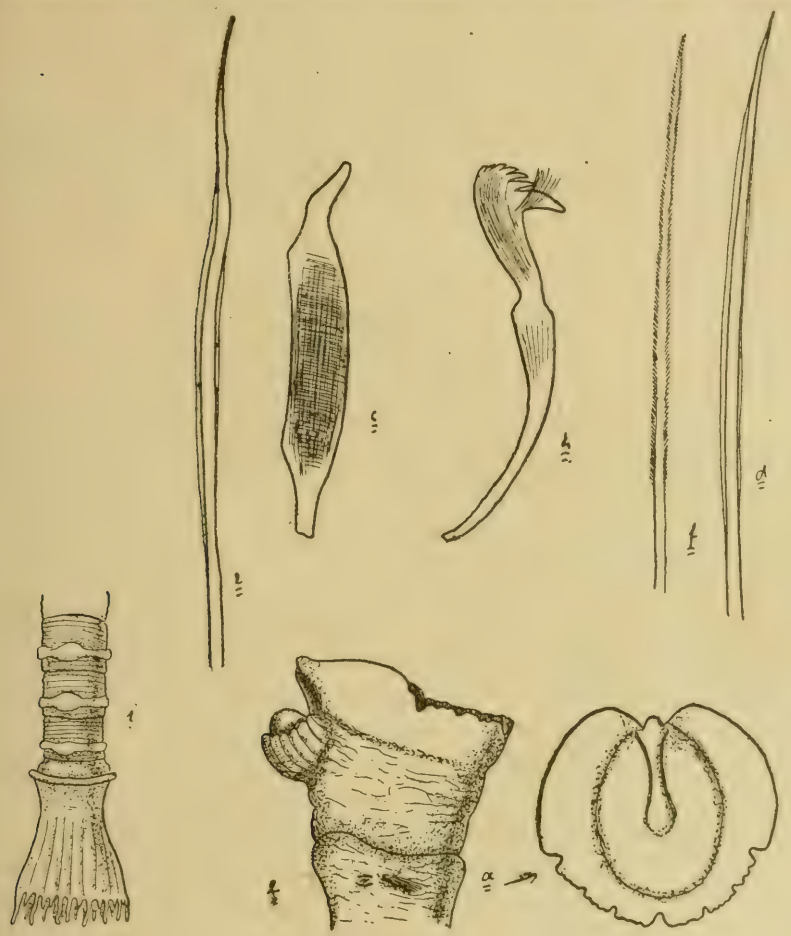


Fig. 6.ª

Arwidssonia zetlandica. (Mac Intosh).—*a*, Placa cefálica vista por encima, × 3; *b*, región anterior vista lateralmente, × 3; *c*, acícula de la rama ventral del segundo segmento setígero, × 70; *d*, cerda limbada de la rama dorsal, × 290; *e*, cerda del tipo anterior con una inflexión cerca de su extremo, × 290; *f*, cerda plumosa de la rama dorsal, × 290; *h*, ganchos de la rama ventral, × 290; *i*, últimos segmentos y embudo anal, × 3.

están encorvados y presentan en su tallo una especie de cuello que se continúa por un ensanchamiento.

En el extremo posterior del cuerpo existen cuatro segmentos inermes de los cuales, el último, es el anal (fig. 6.ª. *i*). El embudo terminal es muy

característico, presentando pliegues longitudinales. El borde está provisto de 30 a 32 cirros de distinto tamaño, unos largos y otros cortos, que alternan de un modo irregular.

En el centro del embudo se abre una gran papila anal con pliegues longitudinales.

A todo lo largo del cuerpo, en la línea media ventral, existe una línea o sutura de color más claro, que termina en el borde del embudo anal.

Esta especie vive en un tubo arenoso adherido a las piedras del litoral.

GIJÓN.—Algunos ejemplares fueron recogidos a baja mar en la canal del Dique.

Familia **Terebellidæ** Grube.

Tribu *Amphitritinæ* Malmgren.

NICOLEA VENUSTULA (Montagu, 1819).

Algunos ejemplares recogidos el pasado verano me han permitido completar en algunos puntos mi anterior descripción.

El primer par de branquias es más largo que el segundo; teniendo un solo eje que se ramifica solamente en su extremo o lateralmente a lo largo del eje principal. El segundo par es más corto, presentando cada una de las branquias dos ejes o troncos principales que se ramifican de un modo análogo a como lo hacen los del primer par.

FIG. 7.ª

Nicolea venustula. (Montagu).—*a*, placa uncinada vista lateralmente, × 290; *b*, plac uncinada vista de frentea, × 290.

Posee 17 segmentos setígeros, de los que el primero es el cuarto del cuerpo, estando armados todos ellos de cerdas limbadas. Las placas uncinadas están dispuestas en una serie única sencilla en los seis primeros segmentos en que existen estas producciones, y en una serie única alternante en los siguientes. Estas placas llevan (fig. 7.ª, *a* y *b*) dos crestas en el vertex; la primera de ellas puede estar formada por dos o tres dientes, y la segunda por cuatro o cinco.

El tórax está provisto ventralmente de 12 a 14 escudos carnosos rectangulares.

Habita en un tubo quitinoso que aglutina trozos de arena y partículas fangosas, que se halla frecuentemente entre algas. El animal abandona con facilidad su tubo, nadando entonces libremente.

GIJÓN.—Varios ejemplares recogidos entre las algas del Cervigón.

POLYMNIA NEBULOSA (Montagu, 1819).

GIJÓN.—Un sojo ejemplar recogido entre las piedras sueltas de las ensenadas próximas al Cervigón.

THELEPUS SETOSUS (Quatrefages, 1865).

GIJÓN.—Un solo ejemplar recogido en el Cervigón.

STREBLOSOMA BAIRDI (Malmgren, 1865).

1865. *Grymœa Bairdi*, Malmgren.—Nordiska Hafs-Annulater, página 388, lám. XIX, fig. 69.
1915. *Grimœa Bairdi*, Mac Intosh.—Ann. of Natural History, 8.ª serie, t. XV, pág. 31.

Poseo un solo ejemplar de esta interesante especie, que mide 50 mm. de longitud por 3 de anchura en su porción anterior. El aspecto es muy semejante al de un *Thelepus*, diferenciándose por la gran longitud de sus cerdas dispuestas en haces flabeliformes, que comienzan en el segundo segmento del cuerpo, o sea en el primer segmento branquífero.

El lóbulo cefálico, poco elevado, de borde redondeado, está alargado transversalmente. En su parte posterior lleva un reborde muy manifiesto en el cual se insertan los tentáculos, que son muy ensanchados y cortos, presentando una acanaladura mediana con bordes levantados, teñidos de un pigmento pardo obscuro. Por debajo, y a los lados del antes mencionado reborde, existe una faja de puntos pigmentarios oculiformes, interrumpida dorsalmente por una ancha zona.

El segmento bucal presenta ventralmente un labio globuloso con un surco transverso que le divide en dos porciones más o menos manifiestas.

El segundo segmento del cuerpo lleva dorsalmente el primer par de grupos de branquias, formados por ocho filamentos a cada lado, insertos por delante del primer haz setígero, el cual se implanta en un mamelón redondeado muy manifiesto. Los dos segmentos siguientes, o sean el 3.º y el 4.º, llevan el segundo y tercer par de grupos de filamentos branquiales implantados enfrente de los mamelones setígeros correspondientes. El segundo segmento branquífero lleva seis filamentos a cada lado, y el tercero, siete. En este último el grupo situado a la derecha presenta los filamentos branquiales muy largos, de tal manera que algunos son de doble longitud que los correspondientes a cualquiera de los otros grupos.

Las placas uncinadas aparecen en el 5.º segmento del cuerpo o sea en

el 4.° segmento setígero. En este primer segmento uncinígero y en los seis restantes el *torus* es poco prominente, en tanto que en los segmentos sucesivos se hace globuloso y saliente. El mamelón setígero, redondeado en los dos o tres primeros segmentos, se alarga en los siguientes, convirtiéndose en una especie de paleta rectangular prominente.

El ejemplar que he estudiado tiene 37 segmentos setígeros, armados de largas cerdas limbadas (fig. 8.ª, *a*) con el limbo estriado, con la punta muy fina y más o menos voluble. En la base de estas cerdas existen otras muy pequeñas (fig. 8.ª, *b*), también limbadas. Las placas uncinadas, dispuestas en una sola serie en todos los segmentos, poseen dos o tres crestas (fig. 8.ª, *c*) en el vertex por encima del diente principal provistas: la primera de un diente central y dos laterales, y la segunda, de dos dientes, uno a cada lado del diente central; la tercera, cuando existe, consta de un solo diente. Estas placas tienen una ancha base, con un talón posterior redondeado y una pequeña prolongación anterior que carece de la esfera o disco terminal de los *Thelepus*.

Fig. 8.ª

Streblosoma Bairdi. (Malmgren).—*a*, cerda limbada de la rama dorsal, ×290; *b*, cerda limbada de pequeño tamaño de la misma rama, × 290; *c*, placa uncinada torácica vista de lado, × 290.

Las placas uncinadas de la región abdominal, son menos numerosas, y están colocadas en *torus uncinigerus* más prominentes y comprimidos que los de la región torácica.

Estas placas son de menor tamaño que las torácicas, con una base de menor longitud y con cuatro crestas en el vertex.

Desde el 4.° segmento setígero hasta el 10, existen ventralmente anchos campos o escudos musculosos con pliegues transversales. En los tres primeros segmentos setígeros existen estos mismos escudos, pero carecen de pliegues.

El ano está rodeado de un círculo de pequeñísimas papilas. Esta interesante especie ha sido capturada en Noruega e Inglaterra. El hallazgo de esta especie en el Cantábrico nos marca, hasta ahora, el límite sur de área de dispersión.

SANTANDER.—Un sólo ejemplar recogido en los sables de la bahía.

Tribu *Polycirrinæ* Malmgren.

POLYCIRRUS CALIENDRUM Claparède, 1868.

Esta especie de color amarillo anaranjado muy intenso, es sumamente frágil; habita principalmente en sitios arenosos o fangosos.

GIJÓN.—Abundantes ejemplares recogidos en la canal del Dique, Cervigón y ensenadas próximas.

POLYCIRRUS AURANTIACUS Grube, 1860.

Así como la especie anterior es litoral, en cambio ésta se recoge en los dragados, sobre piedras y coralarios; tiene un color amarillo de limón. Se diferencia claramente de la anterior por tener sólo tres pares de órganos segmentarios en lugar de seis.

GIJÓN.—Dos ejemplares sobre *Dendrophilia ramea,* cogida por los pescadores del bou.

Tribu *Trichobranchinæ* Malmgren.

TRICHOBRANCHUS GLACIALIS Malmgren, 1865.

1893. *Trichobranchus glacialis*, Lo-Bianco.—Gli Annellidi tubicoli trovati nel Golfo de Napoli, pág. 58.
1894. *Trichobranchus glacialis*, Saint-Joseph.—Ann. Sc. Nat. (Zoología), 7.ª serie, t. XVII, pág. 244, lám. X, figs. 273-278.
1914. *Trichobranchus glacialis,* Fauvel.—Annélides Polychètes non pélagiques, etc., pág. 310, lám. XXX, figs. 29-38.

He observado dos pequeños anélidos que creo poder referir a esta especie, a pesar de su corto tamaño. Miden 4 mm. de longitud por 0,5 de anchura.

Llevan tres pares de branquias filiformes insertas sobre los segmentos 3.º a 5.º, estando las del último par, más próximas entre sí que las del primero. El lóbulo cefálico presenta posteriormente una estrecha faja de pequeñas manchas oculares.

Existen 15 pares de haces setígeros que están provistos de cerdas capilares bilimbadas. Los ganchos son dimorfos; los torácicos tienen un largo manubrio con un ensanchamiento (fig. 9.ª *a*), tres crestas en el vertex por encima del diente principal, y un capuchón fácilmente visible, observando el gancho de frente. Los abdominales (fig. 9.ª, *b* y *c*), son de muy pequeño tamaño, estando dispuestos en un arco de círculo sobre una pínula saliente. Cada uno de ellos está sostenido por una cerda de sostén; poseen dos crestas por encima del diente principal, provistas cada una de ellas de seis a ocho dentículos muy pequeños.

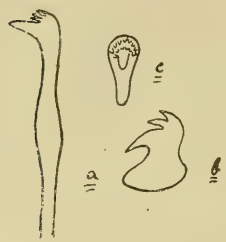


FIG. 9.ª

Trichobranchus glacialis. Malmgren.—*a*, gancho torácico, × 290; *b*, gancho abdominal visto de lado, ×290; *c*, gancho abdominal visto de frente, × 290.

En los ejemplares por mí estudiados, el ano tiene unos pequeños lóbulos laterales, careciendo por completo de cirros.

SANTANDER.—Dos ejemplares recogidos en dragados efectuados a poca profundidad en la bahía.

Familia **Sabellidæ** Malmgren.

POTAMILLA RUBRA (Langerhans, 1880).

1880. *Sabella (Potamilla) rubra,* Langerhans.—Die Würmerfauna von Madeira III (Zeitz. für Wiss. Zool., t. XXXIV, página 133, lám. V, figs. 27).

He hallado constantemente esta especie encerrada en un tubo arenoso o fangoso, incluído, en su mayor parte, en el interior de las rocas calizas del litoral. Su extremo superior sale al exterior en una extensión de 5 a 10 mm., y como viven muchos individuos juntos, forman, en algunos sitios, un verdadero tapiz que recubre la superficie de la roca.

El cuerpo mide, por término medio, 15 a 20 milímetros de longitud, teniendo 0,5 de anchura. El cuerpo es muy frágil, por lo cual es muy difícil conseguir ejemplares completos. El color general es rosado, teniendo las branquias una tonalidad más pálida.

Las branquias están formadas, en la mayoría de los ejemplares que he observado, por tres radios a cada lado desprovistos de todo vestigio de manchas o fajas pigmentarias. La parte basal de cada radio está consti-

tuída, como representa muy exactamente Langerhans *(Loc. cit.*, fig. 27 *a*), por tres filas o columnas de células cartiagíneas, quedando reducidas, en la porción media y terminal, a una sola.

Los lóbulos del collar están muy separados en la parte dorsal, en tanto que ventralmente están muy próximos. Cada uno de ellos termina ventralmente en punta, presentando a cada lado, una escotadura más o menos marcada.

El tórax está formado por ocho segmentos setígeros; el primero de los cuales está provisto de un par de manchas oculares y un par de haces de

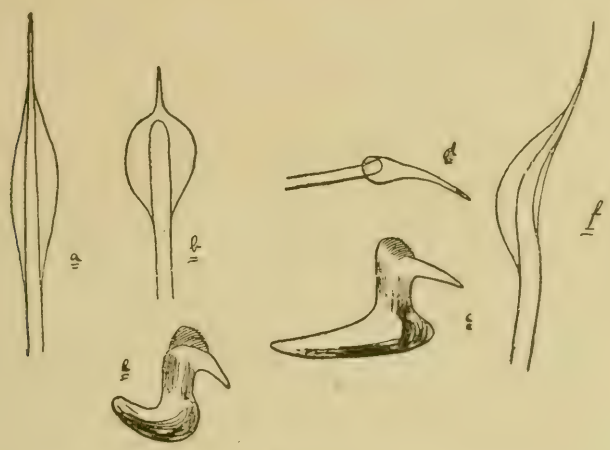


Fig. 10.

Potamilla rubra. (Langerhans).—*a*, cerda bilimbada del primer segmento setígero, × 290; *b*, cerda espatulada torácica, × 290; *c*, gancho avicular del torax, × 290; *d*, cerda en forma de azada de la rama ventral de los segmentos torácicos, × 290; *e*, gancho avicular abdominal, × 290; *f*, cerda doblemente encorvada del abdomen, × 290.

cerdas bilimbadas terminadas en punta aguda y con limbos bastante anchos (fig. 10, *a*). Los siete restantes están armados dorsalmente de dos clases de cerdas; unas semejantes a las del primer segmento setígero y otras en forma de espátula (fig. 10, *b*) con una punta muy fina en su ápice. Ventralmente llevan ganchos aviculares (fig. 10, *c*), con una base sumamente larga y con una cresta finamente dentada por numerosos y pequeños dientes; entre la base de estos ganchos existen cerdas en forma de azada (fig. 10, *d*) con la porción terminal muy larga y aguda.

Los ganchos aviculares del abdomen, situados en la parte dorsal, tienen la base mucho más corta (fig. 10 *e*) que los torácicos y algo encorvada hacia la parte superior. En la parte ventral existen cerdas doblemente encorvadas con un ancho limbo anterior (fig. 10, *f*).

Gijón.—Viven asociados numerosos ejemplares en las rocas calizas de las escolleras de Castrillón y canal del Dique.

En Santander existe en la ensenada del Camello y en Peña Vieja una *Potamilla* que vive en iguales condiciones, que tal vez pertenezca a esta especie. El carecer de ejemplares de esta localidad, al escribir estas líneas, me impide hacer un estudio de dicha forma.

Amphiglena mediterranea (Leydig, 1851).

En Gijón fueron capturados dos ejemplares de 6 mm. de longitud por 0,5 de anchura entre las algas del Cervigón y ensenadas próximas.

Dasychone Bombyx (Dalyell, 1853).

Gijón.—Ejemplares de 15 a 20 mm. de longitud, sin contar las branquias, nadando libremente entre las algas; después de haber abandonado su tubo, fueron recogidos en las escolleras de Castrillón.

Los ejemplares del Cantábrico son de menor tamaño que los del Mediterráneo, como he podido comprobar, comparando ejemplares de Santander y Gijón con otros recogidos por mí en Málaga que miden, por término medio, de 35 a 40 mm. de longitud, sin contar las branquias.

Oridia Armandi (Claparède, 1864).

Gijón.—Varios ejemplares de esta especie fueron recogidos entre las algas de la desembocadura del Piles.

Familia **Serpulidæ** Burmeister.

Serpula Lo-Biancoi Rioja, 1917.

Esta especie fué recogida en Gijón, a cien brazas de profundidad, viviendo en un tubo arrollado en espiral excepto en la porción terminal. El lóbulo ventral del collar está poco desarrollado, llegando tan sólo al segundo segmento setígero del tórax.

FILOGRANA IMPLEXA (Berkeley, 1827).

GIJÓN.—Algunas colonias sobre *Avicula* recogidas a cien brazas de profundidad por los pescadores del palangre.

SALMACINA DYSTERI (Huxley, 1865).

GIJÓN.—Esta especie es muy rara en esta localidad, en donde sólo he hallado pequeñas colonias adheridas a *Fucus vesiculosus* recogidos en el Cervigón.

SPIRORBIS PAGENSTECHERI Quatrefages, 1865.

GIJÓN.—Numerosos ejemplares fueron recogidos sobre la *Zostera marina* que se encuentra en la canal del Dique y en las ensenadas próximas al Cervigón. Algunas veces se encuentran los tubos de este *Spirorbis* sobre las rocas del litoral, en cuyo caso el arrollamiento del tubo es imperfecto.

POMATOSTEGUS POLYTREMA (Philippi, 1844).

GIJÓN.—Algunos ejemplares fueron capturados en las ensenadas próximas al Cervigón, encerrados en sus tubos calcáreos, frecuentemente asociados con los de *Pomatoceros triqueter,* sobre *Lithothamnion.*

(Laboratorio de animales inferiores del Museo Nacional de Ciencias Naturales).

Eteres y ésteres halogenados

por

José Puyal Gil

Dividimos este trabajo en dos partes. En la primera, que es la teórica, va recopilada la bibliografía, ordenados los datos y deducidos los procedimientos generales de obtención y propiedades generales. En la segunda exponemos nuestros trabajos de laboratorio, y, al final, insertamos los hechos observados por los doctores Hernando y Sanchís-Banús, quienes en Nota más explícita los presentarán en el primer Congreso Nacional de Medicina.

PARTE TEORICA

1.º—Éteres monhalogenados

A) En posición-1

Obtención.—1.º *Por la acción de los halógenos sobre los éteres.* La cloruración del éter ordinario fué hecha la vez primera por Lieben (1), quien, en 1859, observó que, al hacer pasar cloro seco sobre éter, los átomos de hidrógeno de éste son sucesivamente sustituídos, siguiendo el orden que indica el esquema:

$$\underset{2\ 3\ 4}{CHHH} - \underset{1\ 5}{CHH} - O - C_2H_5,$$

terminando la cloruración cuando todos los átomos de hidrógeno de una sola de las dos cadenas laterales han sido sustituídos. Tan capital trabajo, base de múltiples investigaciones, ha sido completado con las investiga-

(1) A., t. 111, pág. 121.

ciones de Henry (1), el cual llegó a separar bien todos los productos de la reacción; se obtiene primero el monocloréter secundario:

$$(CH_3 - CHCl - O - C_2H_5) \,.\, P\,E = 97\text{-}98^\circ,$$

y después el dicloréter primario secundario:

$$CH_2Cl - CHCl - O - C_2H_5.$$

El cloro sustituye primero a uno de los átomos de hidrógeno del carbono secundario, continuando con los del carbono primario de la misma cadena carbonada. La cloruración del éter metílico sigue una regla especial; primeramente se produce el monoclorodimetiléter:

$$(CH_2Cl - O - CH_3) \,.\, P\,E = 59^\circ,$$

y seguidamente el diclorodimetíleter simétrico:

$$(CH_2Cl - O - CH_2Cl) \,.\, P\,E = 105^\circ \quad (2).$$

Este procedimiento, aunque sirve para obtener los monocloréteres es más comúnmente empleado en la obtención de los dicloréteres 1-2, y presenta algún inconveniente:

1.° Peligro en la operación, porque ocurre con frecuencia la explosión del aparato con riesgo del operador.

2.° Los rendimientos no son buenos y los productos impuros.

3.° Hay que operar en la oscuridad, y la cloruración pasa con facilidad al dicloréter.

Este método no es, pues, bueno para obtener los derivados monhalogenados; en cambio era único en la obtención de los derivados 1-2 diclorados.

2.° *Mediante los hidrácidos o los halogenuros de fósforo y los acetales.*

Bachmann (3), en 1883, consiguió obtener 1-monocloréteres por la acción del pentacloruro de fósforo sobre los acetales, aunque con no muy

(1) *Bull. Acad. Roy. Belg.*, año 1906, págs. 206-226. C., año 1906, t. 2.°, página 227.

(2) Henry. Loc. cit.

(3) A., t. 218, pág. 39.

buen rendimiento. El inconveniente del método está en la dificultad de preparar los acetales (hoy precisamente se obtienen a partir de los 1-monocloréteres), y únicamente se puede aplicar en el caso del acetal ordinario que es producto industrial.

3.º *Por la acción de los hidrácidos sobre una mezcla de aldehido y alcohol.*

Cuando se hace pasar una corriente de ácido clorhídrico seco a través de una mezcla en cantidades equimoleculares, enfriada, de un aldehido cualquiera de la serie grasa y de un alcohol, se separa el correspondiente éter monhalogenado en posición 1.

Este método fué empleado primeramente por Würtz y Frapolli (1) para obtener el 1-monocloréter:

$$CH_3 — CHCl — O — C_2H_5,$$

y ha sido generalizado a otros monocloréteres por Rübencamp (2), Gaspari (3), Favre (4), Henry (5), Madinaveitia y Puyal.

La sencillez del procedimiento operatorio, la bondad de los rendimientos, el alejamiento del peligro, su comodidad y economía, hacen que sustituya ventajosamente a los dos precedentes, llegando a ser industrial.

Propiedades.—Todos son líquidos, asfixiantes e incoloros.

Se descomponen por el agua, según la siguiente reacción:

$$R_1 — CHX — O — CH_2 — R_2 + H_2O \rightleftarrows HX + R_1 — CHO + R_2 — CH_2OH,$$

reversible y limitada; en presencia de mucha agua, y con ayuda del calor, marcha de izquierda a derecha; con exceso de hidrácido, y enfriando, efectúase la reacción inversa. El alcohol y los álcalis los descomponen en igual forma. Si hacemos actuar los hidrácidos bromhídrico y iodhídrico sobre los derivados clorados, el cloro es sustituído por el bromo o el iodo:

$$CH_2Cl — O — CH_2R \xrightarrow[HI]{HBr} \begin{matrix} CH_2Br — O — CH_2R \\ CH_2I — O — CH_2R \end{matrix}$$

cuando la sustitución está bastante avanzada, lo que se reconoce por el

(1) A., t. 108, pág. 226.
(2) A., t. 225, pág. 269.
(3) G., t. 27, 2.º; pág. 293. Beilstein, t. 1.º*, pág. 110.
(4) Bl., t. [3] 11, pág. 1096. Beilstein, t. 1.º*, pág. 111.
(5) *Bull. Ac. Roy. Belg.*, t. [3] 25, pág. 439. B., t. 26, Ref., pág. 934. 3., año 1885, pág. 1163. Belstein, t. 1.º, pág. 296.

aumento de peso; una o dos destilaciones fraccionadas son suficientes para separar el éter bromado o iodado puro de la parte no trasformada (1).

El halógeno es muy activo, y por esto reaccionan con gran energía con los alcoholatos de sodio y acetatos de sodio y argéntico, dando acetales en el primer caso, y cuerpos con función éster y éter en el segundo (2).

$$\begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix} \!\!> C < \begin{matrix} X \\ O - R_3 \end{matrix} + NaOCOCH_3 = NaX + R_1R_2C \begin{matrix} O \,.\, COCH_3 \\ O \,.\, R_3 \end{matrix}$$

(Véase también la parte experimental.)

Con el cianuro potásico dan éteres-nítrilos, fácilmente saponificables en ácidos-alcoholes α:

$$\begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix} \!\!> CX - O - R_3 + KCN = KX + \begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix} \!\!> C < \begin{matrix} CN \\ O \,.\, R_3 \end{matrix} \quad (3);$$

igual reacción se produce con los cianuros de mercurio y de cobre.

Reaccionan con los órgano-magnesianos mixtos, dando éteres superiores (según Gauthier (4), Hamonet (5) y Ranedo.

El magnesio reacciona con ellos en presencia de cetonas o de éteres sales, cón formación de éteres óxidos de glicoles etilénicos:

$$R_3R_2C(OH)CH_2 - O - R_1;$$

o de diéteres de la glicerina:

$$R_2 \,.\, C(OH)(CH_2 \,.\, O \,.\, R_1)_2,$$

mediante producción intermedia de los magnesianos mixtos correspondientes (6).

El halógeno de estos éteres tiene propiedades análogas al de los halogenuros de los ácidos; por eso sirven para la reacción de Friedel. Sommelet (7) ha hecho la reacción con el clorodimetiléter y benceno en presencia

---

(1) Hamonet. C. r., t. 138, pág. 814.

(2) Würtz y Frapolli, Loc. cit.

(3) D. Gauthier. *Ann. Chim. et Phys.*, t. [8] 16. C., año 1909, t. 1.º, página 1.640.

(4) Loc. cit.

(5) Loc. cit.

(6) Sommelet. C., año 1907, t. 1.º, pág. 872.

(7) C. r., t. 57, pág. 1.443.

de cloruro de aluminio, operando a una temperatura inferior a 0°, y obtuvo el éter bencilmetílico:

$$C_6H_5 - CH_2 - O - CH_3;$$

pero el rendimiento no es muy bueno, 30 por 100. Si en lugar de emplear el cloruro de aluminio como catalizador, se emplea el tetracloruro de estaño, la reacción es anormal, según este autor, pues en vez de desprenderse ácido clorhídrico, lo que se separa es alcohol metílico, como lo muestra la reacción siguiente:

$$C\boxed{H + CH_3 - O} - CH_2Cl = CH_3OH + C_6H_5 - CH_2Cl.$$

Opinamos que esta reacción no es tan sencilla, si no que se produce en dos fases: en la primera, efectúase la reacción normal de Friedel, generándose el éter, y en la segunda, el ácido clorhídrico producido, actuando sobre este éter, lo descompone en alcohol metílico y cloruro de bencilo:

$$CH + ClCH_2 - O - CH_3 = HCl + C_6H_5 - CH_2 - O - CH_3;$$

$$C_6H_5 - CH_2 - O - CH_3 \xrightarrow{HCl} C_6H_5 - CH_2Cl.$$

La semejanza de los éteres halogenados en posición-1 con los halogenuros de los ácidos es también manifiesta, porque según hemos demostrado (véase luego), se bromuran en α y nada más que en α

Monografías

Hasta ahora son conocidas las siguientes:

ÉTERES 1-MONOCLORADOS

Monoclorometiléter

$$(CH_2Cl - O - CH_3) \,.\, P\,E = 59^{\circ}.$$

Obtenido por vez primera por Friedel (1) clorando el éter metílico, y lue-

(1) Bl., t. 28, pág. 171.

go por Henry (1) y Favre (2), pasando gas clorhídrico por la mezcla de formaldehido y alcohol metílico.

El agua lo descompone en ácido clorhídrico, alcohol metílico y trioximetileno; con el amoníaco da la exametilamina; con el cianuro potásico, el metoxiacetonítrilo, que hierve entre 118-119°, y el metilato sódico lo trasforma en metilal. Por el paso a través de los gases bromhídrico o iodhídrico, teniendo cuidado de que la temperatura no se eleve, se convierte en el derivado bromado o iodado correspondiente (3).

Se ha hecho reaccionar sobre diferentes órgano-magnesianos: sobre el del bromobenceno, obteniéndose

$$C_6H_5 - CH_2 - O - CH_3;$$

sobre el del bromuro de bencilo (4) que produce el éter metílico de la esencia de rosas

$$C_6H_5 - CH_2 - CH_2 - O - CH_3,$$

y con el del bromuro de alilo que da:

$$CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - O - CH_3 \quad (5).$$

Clorometiletiléter

$$(CH_2Cl - O - C_2H_5) \,.\, P\,E = 79\text{-}80^\circ.$$

Reaccionando el ácido clorhídrico sobre formol y alcohol lo obtuvo Gaspari (6). Se ha hecho reaccionar con el magnesiano del cloruro de bencilo (7) y con el del bromuro de alilo (véase parte experimental):

1-Cloretilmetiléter

$$(CH_3 - CH_2Cl - O - CH_3) \,.\, P\,E = 80^\circ.$$

Obtenido con acetaldehido o paraldehido, alcohol metílico y ácido clor-

(1) Comunic. part. Beilstein, t. 1.°*, pág. 108.
(2) Bl., t. [3] 11, pág. 1.096. Beilstein, t. 1.°*, pág. 108.
(3) Hamonet. Loc. cit.
(4) D. Gauthier. Loc. cit.
(5) Lespieau. C. r., t. 144, pág. 1.161.
(6) G., t. 27, 2.°; pág 297. Beilstein, t. 1.°*, pág. 110.
(7) Lespieau. C. r., t. 144, pág. 1.161.

hídrico. Se diferencia del anterior, además de que no da trioximetileno al descomponerse por el agua, en que se bromura a 0° en posición α, conforme hemos demostrado (véase parte experimental):

$$CH_3 - CH_2Cl - O - CH_3 + Br_2 = HBr + CH_2Br - CHCl - O - CH_3.$$

Clorometilpropiléter

$$(CH_2Cl - O - CH_2 - CH_2 - CH_3) . PE = 112°,5.$$

Obtenido por el método de Würtz (1), mediante el trioximetileno, el alcohol propílico y el ácido clorhídrico.

Clorometilisopropiléter

$$[CH_2Cl - O - CH(CH_3)_2] . P E = 101\text{-}102°.$$

Se obtiene con formol, alcohol isopropílico y gas clorhídrico (2).

1-Monocloréter

$$(CH_3 - CHCl - O - C_2H_5) . PE = 85 - 90°.$$

Lo obtuvo primeramente Lieben (3) por el paso del cloro sobre el éter:

$$CH_3 - CH_2 - O - C_2H_5 \xrightarrow{Cl} CH_3 - CHCl - O - C_2H_5;$$

ya hemos dicho que es una operación peligrosa y que no da buenos rendimientos. Bachmann (4) lo generó por la acción del pentacloruro de fósforo sobre el acetal ordinario:

$$CH_3 - CH(O.C_2H_5)_2 + PCl_5 = OPCl_3 + C_2H_5Cl + CH_3 - CHCl - O - C_2H_5;$$

o sobre el metiletilacetal. Würtz y Frapolli lo prepararon (5) con acetaldehido, alcohol y gas clorhídrico (véase parte experimental).

Se descompone por el agua, lo mismo que por el alcohol y los álcalis.

---

(1) Favre. Bl., t. [3] 11, págs. 881 y 1.097. Beilstein, t. 1.°*, pág. 111.
(2) Stappers. C., año 1905, t. 1.°, pág. 921.
(3) Loc. cit.
(4) Loc. cit.
(5) Loc. cit.

Se bromura en α dando el 1-cloro 2-brométer:

$$CH_2Br - CHCl - O - C_2H_5,$$

como hemos demostrado (véase éteres dihalogenados 1-2 y parte experimental).

Clorometilisobutiléter

$$[CH_2Cl - O - CH_2 - CH(CH_3)_2] \,.\, PE = 131^\circ.$$

Obtenido por Favre (1) con formaldehido, alcohol isobutílico y gas clorhídrico, según el método de Würtz.

1-Cloretilpropiléter

$$(CH_3 - CHCl - O - C_3H_7) \,.\, PE = 112\text{-}115^\circ.$$

Obtenido por D. Gauthier (2) con el método de Würtz.

Clorometilisamiléter

$$[CH_2Cl - O - CH_2 - CH_2 - CH(CH_3)_2] \,.\, PE = 154^\circ.$$

Ha sido obtenido (3) por la acción del gas clorhídrico sobre la mezcla de formol y alcohol isamílico. Hamonet lo ha utilizado para preparar éteres amílicos de diferentes glicoles (4).

1-Cloretilisobutiléter

$$[CH_3 - CHCl - O - CH_2 - CH(CH_3)_2] \,.\, PE = 132\text{-}138^\circ.$$

Obtenido con paraldehido alcohol isobutílico y ácido clorhídrico (5).

1-Clorisobutiletiléter

$$[(CH_3)_2CH - CHCl - O - C_2H_5] \,.\, PE = 118\text{-}120^\circ.$$

Este isómero de los dos anteriores, lo ha obtenido también D. Gau-

---

(1) Loc. cit.
(2) Loc. cit.
(3) Loc. cit.
(4) C. r., t. 138, págs. 975 y 1.609.
(5) Favre. Loc. cit.

thier (1) con aldehido isobutílico y alcohol, cuya mezcla se satura con gas clorhídrico.

1-Cloretilisamiléter

$$[CH_3-CHCl-O-CH_2-CH_2-CH(CH_3)_2].PE=162\text{-}165^\circ.$$

Lo ha obtenido también D. Gauthier con paraldehído, alcohol isamílico y gas clorhídrico (véase parte experimental). Por la acción del bromo da el 1-cloro 2-brometil-isamiléter, según nosotros demostramos (véase éteres dihalogenados 1-2 y parte experimental).

1-Clorisamiletiléter

$$[(CH_3)_2CH-CH_2-CHCl-O-C_2H_5].PE=54\text{-}55^\circ \text{ a } 20 \text{ mm}.$$

Lo hemos obtenido por vez primera saturando por gas clorhídrico en frío la mezcla de aldehido isovaleriánico y alcohol etílico (véase parte experimental). Se bromura a 0°, dando el 1-cloro-2-bromo isamil-etiléter.

$$C_4H_9-CHCl-O-C_2H_5+Br_2=HBr+(CH_3)_2CH-CHBr-CHCl-O-C_2H_5;$$

propiedad curiosa si se tiene en cuenta que la posición 3 es la favorecida y que demuestra que los 1-cloréteres se bromuran únicamente en α (véase luego).

1-Clorenantiletiléter

$$[CH_3-(CH_2)_5-CHCl-O-C_2H_5].PE=85^\circ, \text{ a } 20 \text{ mm}.$$

Asimismo dado a conocer por nosotros, que lo obtuvimos con enantol, alcohol etílico y gas clorhídrico (véase parte experimental).

También se bromura a 0° en α, dando el 1-cloro 2-bromo-enantil-etiléter

$$(CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CHBr-CHCl-OCH_2-CH_3)$$

(véase luego).

ÉTERES 1-MONOBROMADOS

Además de los tres procedimientos generales de obtención de los 1-monobromo-éteres, puede emplearse el de la acción del gas bromhídrico sobre

(1) Loc. cit.

los éteres 1-monoclorados (véase propiedades de los éteres 1-monhalogenados). Estos éteres 1-monobromados reaccionan mejor que los clorados sobre los órgano-magnesianos, y por esto son preferidos en la preparación de éteres de algunos glicoles (véase luego).

Monobrometiléter

$$(CH_2Br - O - CH_3) \,.\, P\,E = 87^\circ.$$

Lo obtuvo primeramente Henry (1) por el método de Würtz, haciendo pasar ácido bromhídrico seco a través de una mezcla enfriada de formaldehido y alcohol de madera hasta saturación. Después Hamonet (2) lo ha obtenido por el paso del gas bromhídrico a través del monoclorometiléter:

$$CH_3 - O - CH_2 \boxed{Cl + H} - Br = HCl + CH_3 - O - CH_2Br.$$

Como reacciona mejor con los órgano-magnesianos mixtos que el derivado clorado, ha sido empledo para preparar el éter metilalílico del 1-4 butanodiol (véase luego),

1-Brométer

$$(CH_3 - CHBr - O - C_2H_5) \,.\, P\,E = 105^\circ.$$

Obtenido saturando de gas bromhídrico la mezcla en cantidades equimoleculares de paraldehído y alcohol (3).

Bromometilamiléter

$$(CH_2Br - O - C_5H_{11}) \,.\, PE = 74\text{-}76^\circ \text{ a } 18 \text{ mm}.$$

Fué obtenido por el método de Würtz, saturando de ácido bromhídrico la mezcla de formol de 40 por 100 y alcohol amílico (4). Ha sido utilizado por Hamonet para preparar los éteres amílicos de los glicoles 1-4 butanodiol y 1-5 pentanodiol.

He aquí la serie de reacciones que se utilizan para obtener el primero de ellos:

$$CH_2Br - CH_2 - CH_2Br \xrightarrow{NaO \,.\, C_5H_{11}} CH_2Br - CH_2 - CH_2 - O -$$
$$- C_5H_{11} \xrightarrow{Mg} BrMg(CH_2)_3 \,.\, O \,.\, C_5H_{11} \xrightarrow{BrCH_2 \,.\, O \,.\, C_5H_{11}}$$
$$\rightarrow C_5H_{11} \,.\, O \,.\, (CH_2)_4 \,.\, O \,.\, C_5H_{11}.$$

(1) *Bull. Acad. Roy. Belg.*, t. [3] 25, pág. 439. B., t. 26, Ref., pág. 933.
(2) C. r., t. 138, pág. 814.
(3) Henry. J., año 1885, pág. 1.163. Beilstein, t. 1.º, pág. 296.
(4) C. r., t. 138, pág. 813.

También reacciona con los magnesianos del bromuro de etilo, de fenilo y de bencilo, dando los éteres propilamílico

$$CH_3 — CH_2 — CH_2 — O — C_5H_{11},$$

bencilamílico

$$C_6H_5 — CH_2 — O — C_5H_{11}$$

y feniletilamílico

$$C_6H_5 — CH_2 — CH_2 — O — C_5H_{11}.$$

ÉTERES 1-MONOIODADOS

Monoïodometiléter

$$(CH_2I — O — CH_3) . PE = 123\text{-}125^0$$

Se puede obtener saturando de gas iodhídrico una mezcla de formaldehido y alcohol metílico (1), o por el ácido iodhídrico sobre el monoclorometiléter, cuidando de que no se eleve la temperatura (2).

B) En posición-2

Llamados también éteres óxidos de las halohidrinas.

Obtención.—*1.° Por la acción de los hidrácidos sobre los éteres óxidos de los glicoles.*

El ácido bromhídrico reacciona en frío sobre los diéteres óxidos de los glicoles, dando los éteres óxidos de las bromhidrinas correspondientes.

2.° A partir de las iodhidrinas alcohiladas.

Los halógenos cloro y bromo sustituyen con facilidad al iodo cuando se les hace actuar sobre los éteres óxidos de las iodhidrinas (3).

Por otra parte, éstas se pueden preparar siguiendo dos procedimientos:

1.° Por la acción del trijioduro de fósforo sobre los monéteres óxidos de los glicoles (4):

$$R — O — CH_2 — CH_2OH \xrightarrow{PI_3} R — O — CH_2 — CH_2I.$$

(1) Henry. B., t. 26, Ref., pág. 934.
(2) Hamonet. Loc. cit.
(3) Henry. Bl., t. 44, pág. 459. Beilstein, t. 1.°, pág. 295.
(4) Demole. B., t. 9. pág. 746. Beilstein, t. 1.°, pág. 297.

2.° Haciendo reaccionar los alcoholes sobre el ioduro de etileno a 70-75° en vaso abierto (1), o mejor en tubo cerrado a 100° (2).

3.ª Por la acción de los órgano-magnesianos mixtos sobre los éteres dialogenados 1-2.

Si sobre un derivado órgano-magnesiano mixto dejamos caer poco a poco un éter dihalogenado en posición 1-2, éste reacciona sobre aquél, saltando el átomo de halógeno que ocupa la posición 1, por ser mucho más activo que el otro; según expresa la reacción:

$$\begin{matrix} R_1 \\ R_2O \end{matrix} \diagdown\!\!\diagup \begin{matrix} CX_1 \\ | \\ R_3R_4CX_2 \end{matrix} - X_3MgR_5 = MgX_1X_3 + R_2 - O - C.R_1R_5 - CX_2R_3R_4.$$

En lugar de los órgano-magnesianos mixtos, fueron empleados primero los órgano-cíncicos, pero claro está que con peor rendimiento.

Este procedimiento, mucho más práctico y cómodo que los anteriores, tiene el inconveniente de que solamente da éteres óxidos de alcohol secundario de las halohidrinas. Así es que, cuando se tenga que preparar estos halogeno éteres derivados de alcohol primario, hay que recurrir necesariamente al segundo método, ya que el primero tiene como inconveniente la dificultad de obtener los monéteres de los glicoles.

Propiedades.—Como los anteriores, son todos líquidos, incoloros, de punto de bullición aproximadamente diez grados más elevado que los isómeros de posición 1-correspondientes.

Monografías

CLORADOS

2-Cloretilmetiléter

$$(CH_2Cl - CH_2 - O - CH_3).\ P.\ E = 90\text{-}91°.$$

Según Fileti y D. Gaspari (3), se produce por medio del moncloréter y cinc (?).

---

(1) Bamustark, B., 7.°, pág. 1.172. Beilstein, t. 1.°, pág. 297.
(2) Karvonen. B., t. 42, pág. 687.
(3) G., t. 27, 2.°; pág. 294. Beilstein, t. 1.°*, pág. 110.

2-Monocloréter

$$(CH_2Cl - CH_2 - O - C_2H_5) \,.\, P\,E = 107\text{-}108^\circ.$$

Ha sido obtenido por Henry (1) mediante la acción del cloro, del pentacloruro de antimonio, o mejor, del cloruro de iodo sobre el 2-iodéter.

2-Clorisopropiletiléter

$$[CH_2Cl(CH_3)CH - O - C_2H_5] \,.\, P\,E = 117\text{-}118^\circ.$$

Aunque ha sido obtenido solamente con el dicloréter y cinc-metilo (2), podría obtenerse con más comodidad y mejor rendimiento, haciendo actuar el 1-2 dicloréter sobre el magnesiano del ioduro de metilo.

$$C_2H_5 - O - \underset{\underset{CH_2Cl}{|}}{CH}\,\boxed{Cl + IMg}\,CH_3 = MgICl + C_2H_5 - O - CH(CH_3)CH_2Cl.$$

1-Cloro 2-butiletiléter

$$[CH_2Cl - (C_2H_5)CH - O - C_2H_5] \,.\, PE = 142\text{-}146^\circ.$$

Fué obtenido primeramente con el 1-2 dicloréter y el cinetilo (3), y luego con el mismo dicloroéter y el magnesiano del bromuro de etilo.

1-Isobutil 2-clorodietiléter

$$[CH_2Cl - CH(C_4H_9) - O - C_2H_5] \,.\, PE = 60\text{-}61^\circ \text{ a } 8 \text{ mm}.$$

Obtenido con el dicloréter asimétrico y el magnesiano del bromuro de isobutilo (4).

1-Isamil 2-clorodietiléter

$$[CH_2Cl - CH(C_5H_{11}) - O - C_2H_5] \,.\, PE = 77\text{-}78^\circ \text{ a } 9 \text{ mm}.$$

Por el método del anterior con el dicloréter 1-2 y el bromuro de isamil magnesio (5).

1-Metil 2-clorisobutiléter

$$[(CH_3)_2CCl - CH(CH_3) - O - CH_2 - CH(CH_3)_2] \,.\, PE = 178\text{-}179^\circ.$$

---

(1) Bl., t. 44, pág. 459, Beilstein, t. 1.°, pág. 295.
(2) A., t. 123, pág. 134.
(3) Lieben. A., t. 123, pág. 130; t. 133, pág. 287.
(4) Houben y Führer. B., t. 40, pág. 4.995.
(5) Houben y Führer. B., t. 40, pág. 4.995.

Henry (1) lo ha obtenido por la acción del 1-2-dclorodisobutiléter sobre el magnesiano del bromuro de metilo.

BROMADOS:

2-Brométer

$$(CH_2Br - CH_2 - O - C_2H_5) \,.\, PE = 127\text{-}128^\circ.$$

Éste es el único conocido, y ha sido obtenido haciendo actuar el bromo sobre el 2-iodetiléter (2).

2-Brobmo isobutilamiléter

$$[CH_2Br - CH(C_2H_5) - O - C_5H_{11}] \,.\, PE = 98\text{-}102^\circ \text{ a } 20 \text{ mm}.$$

Hemos preparado el primero de la serie con nuestros 1-cloro 2-bromméteres. Éste lo hemos obtenido bromurando a 0° el 1-cloretilisamiléter y tratando el 1-cloro 2-brometilisamiléter así obtenido con el magnesiano del bromuro de etilo. De la misma manera que hemos obtenido éste, hubiéramos podido preparar los demás de la serie; pero solamente éste nos interesaba para síntesis posteriores que daremos a conocer en su día (véase parte experimental).

IODADOS:

2-Iodetilmetiléter

$$(CH_2I - CH_2 - O - CH_3) \,.\, P\,E = 138^\circ.$$

Se obtiene calentando en tubo cerrado a 100° durante veinticuatro horas, el ioduro de etileno con alcohol metílico. Se purifica el producto por repetidas destilaciones en presencia de sosa cáustica sólida (3).

Con el nitrato de plata reacciona mucho más lentamentente que el ioduro de etilo.

2-Iodetiléter

$$(CH_2I - CH_2 - O - C_2H_5) \,.\, PE = 154\text{-}156^\circ.$$

Fué obtenido primeramemte por la acción del triioduro de fósforo sobre el monetiléter del glicol (4), después calentando el ioduro de etileno

(1) C. r., t. 144, pág. 308.
(2) A., t. 337, pág. 61.
(3) Karvonen. Loc. cit.
(4) Demole. Loc. cit.

con alcohol entre 70 y 75° en vaso abierto (1), y últimamente por Karvonen (2), calentando el ioduro dicho con el alcohol durante veinticuatro horas en tubo cerrado, a 100°.

1-1-Dimetil 2-iodetil-metiléter

$$[CH_2I(CH_3)_2C - O - CH_3] \,.\, PE = 165\text{-}166^\circ.$$

Ha sido obtenido por un método especial (3); calentando el cloro-ioduro de isobutileno con exceso de alcohol metílico:

$$(CH_3)_2 = \underset{\underset{CH_2I}{|}}{C}\boxed{Cl + H - O} - CH_3 = HCl + CH_2I(CH_3)_2C - O - CH_3.$$

El cloro-ioduro de isobutileno se prepara por la acción del isobutileno sobre el cloruro de iodo en frío y con el menor exceso posible de este.

2-Iodetil-propiléter

$$(CH_2I - CH_2 - O - C_3H_7)PE = 175 - 175^\circ,3.$$

Ha sido obtenido por el procedimiento, ya dicho, de calentar el ioduro de etileno con el alcohol propílico durante veinticuatro horas, y a 100° en tubo cerrado (4).

C) En posición-3 y siguientes

Obtención.—Todos los éteres monhalogenados en posición 3,4 y 5 puede decirse que se generan a partir del 1-3 clorobromopropano (clorobromuro de trimetileno) o del 1-3 dibromopropano (dibromuro de trimetileno).

El 1-clorobromuro de trimetileno se ha obtenido últimamente por Bruylants (5), saturando por el gas bromhídrico el cloruro de alilo, que se man-

---

(1) Baumstark. Loc. cit.

(2) Loc, cit.

(3) Istonin. *Journ. Russ. Phys. Chem. Ges.*, t. 36, pág. 1.199. C., año 1905, tomo 1.°, pág. 429.

(4) Karvonen. Loc. cit.

(5) *Bull. Acad. Roy. Belg.*, año 1908, pág. 1.085. C., año 1909, t. 1.°, página 1.860.

tiene entre 20 y 22 grados, y en presencia de la luz solar; y el bromuro de trimetileno también lo obtuvo saturando de gas bromhídrico el bromuro de alilo que se mantiene a una temperatura de 30 a 35 grados y haciendo llegar los rayos solares.

Cuando reaccionan cantidades equimoleculares de un alcoholato cualquiera, y el 1-3 clorobromopropano, solamente el bromo es sustituído, produciéndose un éter clorado en posición-3:

$$CH_2Cl - CH_2 - CH_2Br \xrightarrow{Na\,.\,O\,.\,R} CH_2Cl - CH_2 - CH_2 - O - R.$$

Estos éteres halogenados dan fácilmente magnesianos bien definidos, y sobre ellos reaccionan los 1-halógeno éteres derivados del aldehido fórmico:

$$R_1 - O - CH_2 - CH_2 - CH_2 \boxed{MgBr + Br} CH_2\,.\,O\,.\,R_2 =$$
$$= MgBr_2 + R_1\,.\,O\,.\,(CH_2)_1\,.\,O\,.\,R_2,$$

dando éteres del butanodiol 1-4. Sobre estos éteres, el ácido clorhídrico apenas actúa, el ácido iodhídrico los trasforma en diiodobutano, y únicamente el ácido bromhídrico es capaz de hacer saltar uno solo de los dos alcoholes, según expresa la reacción:

$$R_1\,.\,O\,.\,(CH_2)_4 \begin{matrix} \boxed{\begin{matrix} .\,O\,. \\ H\ H \end{matrix}} \begin{matrix} R_2 \\ Br \end{matrix} \\ Br - \end{matrix} = H_2O + R_2Br + R_1\,.\,O\,.\,(CH_2)_4Br.$$

Estos éteres bromados en posición-4, que también dan magnesianos, sirven de base para obtener los éteres halogenados en posición-5 y siguientes, por reacciones completamente análogas a las anteriores.

A partir de los éteres bromados, se pueden obtener los iodados correspondientes, por la acción del ioduro de sodio (1).

Propiedades.—Todos son líquidos, incoloros, de olor agradable, y se diferencian, además, de los anteriores, en que se prestan fácilmente a dar órgano-magnesianos. No son descomponibles por el agua como los 1-monhalogenoéteres.

---

(1) Hamonet. C. r., t. 138, pág. 975

Monografías

EN POSICIÓN-3

COLORADOS:

3-Cloropropil-metiléter

$$(CH_2Cl - CH_2 - CH_2 - O - CH_3) \,.\, PE = 116 - 118.$$

Se obtiene con 1-3 clorobromopropano y una molécula de metilato sódico (1):

$$CH_2Cl - CH_2 - CH_2 \boxed{Br + Na} O \,.\, CH_3 =$$
$$= NaBr + CH_2Cl - CH_2 - CH_2 - O - CH_3.$$

3-Cloropropil-etiléter

$$[Cl(CH_2)_3 - O - C_2H_5] \,.\, PE = 132 - 134^\circ.$$

Obtenido por los mismos investigadores y de análogo modo que el anterior.

3-Cloropropil-amiléter

$$[Cl(CH_2)_3 - O - C_5H_{11}] \,.\, PE = 187\text{-}188^\circ.$$

Lo ha obtenido Hamonet (2) por la acción del amilato de sodio sobre clorobromuro de trimetileno.

BROMADOS:

3-Bromopropil-etiléter

$$[Br(CH_2)_3 - O - C_2H_5] \,.\, P \,.\, E = 147\text{-}148^\circ.$$

Fué obtenido calentando en tubo cerrado, durante siete días, a 100°, diez partes de bromuro de 1-3 trimetileno, diez de alcohol de 95 por 100, con una parte de bromuro de cinc como catalizador (puede emplearse el óxido en lugar del bromuro) (3). También se le puede obtener por el mé-

---

(1) Haworth y Perkin. Beilstein, t. 1.°*, pág. 110.
(2) Bl., t. 33 [3], pág. 525. C., año 1905, t. 1.°, pág. 1.698.
(3) Wolkoff, Menchutkin. B., t. 31, pág. 3.070.

todo de Noyes (1) por la acción del tribromuro de fósforo sobre el monoéter etílico del glicol.

IODADOS:

3-Iodopropil-metiléter

$$[I(CH_2)_3 . O . CH_3] . PE = 159^o.$$

Se le obtiene por la acción del ioduro de sodio sobre el 3-cloropropil-metiléter, en disolución alcohólica hirviente:

$$CH_3 - O - (CH_2)_3 \boxed{Cl + Na} I = NaCl + CH_3 - O - (CH_2)_3I.$$

3-Iodopropil-etiléter

$$[I(CH_2)_3 - O - C_2H_5] . PE = 130\text{-}134^o (?).$$

Puede obtenerse (2) iodando por el diioduro de fósforo el monetiléter del glicol del trimetileno:

$$C_2H_5 . O . CH_2 - CH_2 - CH_2OH \xrightarrow{PI_2} C_2H_5 . O . (CH_2)_3I.$$

EN POSICIÓN-4

BROMADOS:

4-Bromobutil-amiléter

$$[Br(CH_2)_4 . O . C_5H_{11}] . PE = 114\text{-}115^o \text{ a } 16 \text{ mm}.$$

Si se hace pasar corriente de gas clorhídrico sobre el dieter amílico del butanodiol 1-4, apenas es atacable, mientras que el ácido iodhídrico lo descompone con tanta energía, que da dos moléculas de ioduro de amilo

$$C_5H_{11}I$$

y una de diioduro de buteno

$$I - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2I.$$

Solamente el ácido bromhídrico es capaz de hacer saltar uno de los ami-

(1) Am., t. 19, pág. 769. Beilstein, t. 1.º*, pág. 110.
(2) Hamonet. Loc. cit.

los, cuando borbotea lentamente y se evita que la temperatura se eleve mucho (1), según la reacción:

$$C_5H_{11}.O.(CH_2)_4.O.C_5H_{11}+2HBr\ H_2O+C_5=H_{11}Br+C_5H_{11}.O.(CH_2)_4Br.$$

Este derivado bromado también da fácilmente el magnesiano correspondiente, y sobre él actúa el bromometil-amiléter, como veremos después.

IODADOS:

4-Iodobutil-amiléter

$$[I(CH_2)_4 . O . C_5H_{11}] . PE = 128\text{-}129^\circ \text{ a } 16 \text{ mm.}$$

Se obtiene sometiendo el derivado bromado correspondiente a la acción de ioduro de sodio en presencia de alcohol hirviente (2).

EN POSICION-5

5-Bromopentil-amiléter

$$[Br(CH_2)_5 . O . C_5H_{11}] . PE = 130\text{-}131^\circ \text{ a } 20 \text{ mm.}$$

Es el único conocido de esta serie, y en el cual el halógeno está más separado del oxígeno. Lo ha obtenido Hamonet (3) por el paso del gas bromhídrico a través del éter amílico del glicol del pentametileno enfriado; este éter lo preparó, a su vez, por acción del bromometil-amiléter sobre el magnesiano del 4-bromobutil-amiléter. He aquí las reacciones:

$$C_5H_{11} . O . (CH_2)_4MgBr \xrightarrow{BrCH_2 . O . C_5H_{11}} C_5H_{11} . O . (CH_2)_5 . O . C_5H_{11}$$
$$\xrightarrow{HBr} C_5H_{11} . O . (CH_2)_5Br.$$

(1) Hamonet. Loc. cit.
(2) Hamonet. C. r., t. 138, pág. 1.609.
(3) C. r., t. 138, pág. 975.

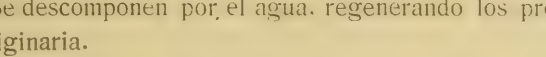
2.º—Éteres dihalogenados

A) En posición-1-1'

Obtención.—Como único método de obtención general de los éteres dihalogenados, se hacen pasar los hidrácidos secos sobre los aldehidos o sus productos de polimerización, cuidando de que la temperatura no se eleve.

Algunos se generan por procedimientos especiales, que diremos en las monografías.

Propiedades.—También son líquidos fumantes al aire, asfixiantes e incoloros. Se descomponen por el agua, regenerando los productos de la reacción originaria.



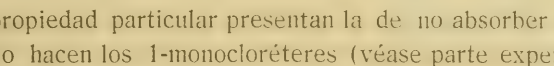
$$R - CHX - O - CHX - R + H_2O \rightleftarrows 2R - CHO + HX.$$

Como propiedad particular presentan la de no absorber el bromo en frío, como lo hacen los 1-monocloréteres (véase parte experimental); no dan tampoco órgano-magnesianos.

Monografías

DICLORADOS:

1-1' Diclorometiléter



$$(CH_2Cl - O - CH_2Cl).\ PE = 103\text{-}105^{\circ}.$$

Lo obtuvo primeramente Regnault (1) mediante la acción cuidadosa del cloro sobre el dimetiléter a la luz solar. Tischtschenko observó que el trioximetileno absorbe lentamente el gas clorhídrico, formándose el simétrico dicloréter y separándose agua (2):

$$2CH_2O + 2HCl \rightleftarrows H_2O + CH_2Cl - O - CH_2Cl.$$

Descudé (3) lo ha obtenido añadiendo poco a poco el tricloruro de fós-

(1) A., t. 34, pág. 31. Beilstein, t. 1.º, pág. 292.
(2) Tischtschenko. Beilstein, t. 1.º, pág. 292.
(3) *Bull. Acad. Roy. Belg.*, año 1906, pág. 198. C., año 1906, t. 2.º, página 226.

foro a una parte igual de polioximetileno, en presencia de cloruro de cinc como catalizador, y destilando a presión reducida entre 130 y 140°. Juntamente con el diclorometiléter simétrico se obtiene diclorometilal

$$CH_2Cl . O . CH_2 . O . CH_2Cl.$$

Se descompone por el agua en trioximetileno y ácido clorhídrico.

1-1' Diclorometiletiléter

$$(CH_2Cl — O — CHCl — CH_3) . PE = 112\text{-}114°.$$

Cuando se somete el clorometil-etiléter a la acción del cloro, se obtiene un producto, del cual, por destilación fraccionada, se separan cuatro fracciones (1): la primera pasa entre 112 y 114°; la segunda entre 144 y 148°; la tercera de 174 a 176°, y la cuarta a 205°.

La fracción que pasa entre 112 y 114° es la que contiene el clorometiletiléter. Que la posición ocupada por el átomo de cloro entrante es la 1' se demuestra porque se descompone por el agua dando trioximetileno acetaldehido y ácido clorhídrico.

1-1' Dicloréter

$$(CH_3 — CHCl — O — CHCl — CH_3) . PE = 116\text{-}117°.$$

Fué obtenido primero por Lieben (2), por paso del gas clorhídrico a través del acetaldehido, y luego por Laatsch (3), saturando de ácido clorhídrico seco el paraldehido comercial (véase parte experimental).

DIBROMADOS:

Dibromometiléter

$$(CH_2Br . O . CH_2Br) . PE = 148{,}5\text{-}151°{,}5.$$

Lo obtuvo Tischtschenko (4) por el paso del gas bromhídrico a través del trioximetileno. Se descompone por el agua en ácido bromhídrico y formaldehido. Calentado con trioximetileno y agua a 140°, el dibrometiléter simétrico, se descompone en bromuro de metilo y ácido fórmico.

---

(1) Litterscheid. A., t. 330, pág. 124.
(2) A., t. 106, pág. 337; t. 178, pág. 43.
(5) A., t. 218, 16.
(6) Loc. cit.

DIIODADOS:

Diiodometiléter simétrico

$$(CH_2I - O - CH_2I) \,.\, PE = 218\text{-}219^{\circ}.$$

Lo ha obtenido el mismo autor y por el mismo método que el anterior. Como propiedad particular presenta la de absorber, en disolución etérea dos moléculas de amoniaco seco, dando un precipitado, que se descompone por el agua y el alcohol.

B) En posición-1-2

OBTENCIÓN.—*1.° Por la halogenación de los éteres.*

Este procedimiento da, en efecto, los derivados halogenados; pero ya hemos indicado que la halogenación de los éteres es una operación peligrosa, y que no se producen solamente los derivados dihalogenados, siendo difícil detener la halogenación al llegar a ellos.

Por otra parte, solamente es aplicable a los éteres simétricos, que son, además, los que se obtienen con mayor fácilidad.

2.° Halogenación de alcoholes.

Brochet (1) dice haber obtenido algunos éteres diclorados por cloruración directa de los alcoholes. Pero ya sabemos que son muchos los productos de ella, nada fáciles de separar.

3.° Con los halógenos y los éteres vinílicos.

Los éteres vinílicos adicionan los halógenos, produciendo los éteres dihalogenados en posición 1-2-correspondientes. El inconveniente del método reside en la dificultad de preparar los éteres vinílicos:

$$R_1 - O - CH = CH - R_2 + X_2 = R_1 - O - CHX - CHX - R_2.$$

4.° Por la acción de los hidrácidos sobre las mezclas de alcoholes y aldehidos α halogenados.

De modo completamente análogo a como se obtienen los éteres 1-monhalogenados, pueden lograrse los dihalogenados, cuando se hacen pasar los hidrácidos secos a través de mezclas equimoleculares de alcoholes y aldehidos α halogenados, en frío. Consiste la dificultad del método en la prepararación de los aldehidos α halogenados.

---

(1) A. ch., t. [7] 10, pág. 338. Beilstein, t. 1.°*, pág. 110.

5.° Por la acción de los hidrácidos sobre los acetales α monhalogenados.

Los hidrácidos, cuando actúan sobre los acetales α halogenados, los descomponen, haciendo saltar una molécula de alcohol y produciéndose el éter deseado:

$$R_1-CHX_1-CH(O\,.\,R_2)_2+HX_2 = R_2OH+R_1-CHX_1-CHX_2-O-R_2.$$

Pero hay el inconveniente de no ser fácilmente preparables estos acetales halogenados, y sólo es aplicable al caso del acetal ordinario, por ser producto industrial.

6.° Por la acción de los halógenos sobre los éteres 1-monhalogenados.

Al observar que en algunas reacciones los éteres 1-monhalogenados se comportan de manera análoga a los halogenuros de los ácidos, pensamos si sería posible que se bromasen como lo hacen éstos, ocupando el bromo la posición α, siempre que en el carbono α hubiera sitio disponible. Y, con efecto, la experiencia ha confirmado la suposición.

Los cloréteres se bromuran a 0° con gran facilidad y con suma limpieza, ocupando el único átomo de bromo que entra a formar parte de la molécula, la posición 2 respecto del cloro. Son tan excelentes los rendimientos, que casi puede decirse que son cuantitativos.

Hemos ensayado esta reacción con los cinco siguientes monocloréteres:

1-cloretilmetiléter;
1-clordietiléter;
1-cloretil-isamiléter;
1-clorisamil-etiléter;
1-clorenantil-etiléter,

y en todos los casos la reacción resultó cómoda, limpia y de muy buenos rendimientos.

Pero, además, estos clorobrométeres se prestan a tantas y tan variadas reacciones, que son poderosos agentes de síntesis. Así, con ellos, se pueden obtener aldehidos α halogenados, acetales α halogenados, éteres 2-monhalogenados, y, en fin, otra serie de cuerpos que daremos a conocer (véase parte experimental):

$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>CH-CH<\begin{matrix}Cl\\OR_3\end{matrix}+Br_2=\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>CBr-CH<\begin{matrix}Cl\\OR_3\end{matrix}+HBr.$$

$$\begin{matrix}R_1\\K_2\end{matrix}\!\!>CBr-CH<\begin{matrix}Cl\\OR_3\end{matrix}+H_2O=\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>CBr-CHO+HCl+R_3OH.$$

$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>CBr-CH<\begin{matrix}Cl\\OR_3\end{matrix}+NaOR_4=\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>CBr-CH<\begin{matrix}O.R_4\\O.R_3\end{matrix}+NaCl.$$

Los bromacetales derivados de estos éteres clorobromados tienen, además, propiedades hipnóticas preciosas, como lo atestiguan las pruebas hechas por los Sres. Hernando y Sanchis-Banús, que insertamos a continuación de la parte experimental.

Propiedades.—Son también líquidos e incoloros, fumantes al aire, y como poseen un átomo de halógeno en posición-1 y otro en posición-2, reunen las propiedades inherentes a los éteres 1-2-monhalogenados. Así como los 1-monhalogenados:

1.° Se descomponen por el agua, el alcohol y los álcalis, dando hidrácido, alcohol y aldehido α halogenado.

2.° Reaccionan con los alcoholatos de sodio y acetatos de sodio y de plata, dando acetales α halogenados en el primer caso, y cuerpos halogenados en α con función éster y éter en el segundo:

$$\begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix}\!\!\rangle CBr - CH \langle \begin{matrix} Cl \\ O \,.\, R_3 \end{matrix} + NaO \,.\, CO - CH_3 =$$

$$= NaCl + \begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix}\!\!\rangle CBr - CH \langle \begin{matrix} O \,.\, CO - CH_3 \\ O \,.\, R_3 \end{matrix}$$

y 3.° Reaccionan con los órgano-magnesianos mixtos por el átomo de halógeno, que está más próximo del oxígeno, por ser el más activo (véase antes y parte experimental).

Reaccionan con la fenilhidracina, dando cuerpos que aun no hemos estudiado, y que por el contacto con el oxígeno del aire se transforman en colorantes análogos al añil (véase parte experimental).

Monografías

ÉTERES DIALOGENADOS EN POSICIÓN-1-2

DICLORADOS:

1-2-Dicloréter

$$(CH_2Cl - CHCl - O - C_2H_5) \,.\, PE = 145\text{-}146^\circ \text{ (1)}.$$

Fué primeramente obtenido por cloruración del éter (2). Después Natterer (3) lo obtuvo por dos procedimientos: 1.°, por la acción del ácido

(1) Henry. C., año 1906, t. 2.°, pág. 227.
(2) Malaguti. A., t. 32, pág. 15; Lieben. Beilstein, t. 1.°, pág. 295.
(3) M., t. 5, pág. 496. Beilstein, t. 1.°, pág. 295.

clorhídrico sobre la mezcla de alcohol y aldehido clorado, en cantidades equimoleculares:

$$CH_2Cl{-}CHO + C_2H_5{-}OH + HCl = H_2O + CH_2Cl{-}CHCl\,.\,O\,.\,C_2H_5.$$

2.° Descomponiendo el cloracetal por el ácido clorhídrico:

$$CH_2Cl{-}CH(O.C_2H_5)_2 + 2HCl = C_2H_5Cl + H_2O + CH_2Cl{-}CHCl.O.C_2H_5.$$

Y, por último, Godefroy (1), por el paso del gas clorhídrico a través del β-clorovinil-etiléter.

Se descompone por el ácido sulfúrico en ácido clorhídrico, ácido etilsulfúrico y cloraldehido. Por el agua entre 115-120° se descompone primero en ácido clorhídrico y alcoholato de cloraldehido

$$CH_2Cl - CH(OH)\,.\,O\,.\,C_2H_5,$$

y prolongando su acción, en alcohol, ácido clorhídrico y aldehido del ácido, glicólico. Con el etilato sódico se produce primeramente el cloracetal

$$CH_2Cl - CH(O\,.\,C_2H_5)_2,$$

y luego el etilglicolacetal

$$C_2H_5\,.\,O\,.\,CH_2\,.\,CH(O\,.\,C_2H_5)_2.$$

De análoga manera se comporta el metilato sódico. Por la acción del acetato de plata se produce un cuerpo que tiene a la vez función éster y éter

$$CH_2Cl - CH \begin{cases} O\,.\,C_2H_5 \\ O\,.\,COCH_3 \end{cases}$$

Ya sabemos que reacciona con el cincmetilo y el cinetilo y con los magnesianos mixtos, dando éteres monoclorados en posición-2 (véase antes).

1-2-Diclordipropiléter

$$(CH_3 - CHCl - CHCl - O - C_3H_7)\,.\,PE = 176°(165\text{-}170°).$$

(1) J., año 1886, pág. 1.173. Beilstein, t. 1.°, pág. 295.

Lo obtuvo primeramente Brochet (1), clorando en frío, a la luz solar, el alcohol propílico. Después lo han obtenido Oddo y Cusmano (2) por la cloruración del éter propílico normal. Se calientan 163 gramos del éter durante diez horas a reflujo, haciendo pasar una corriente de cloro hasta que aumente 105 gramos de peso, y se rectifica recogiendo lo que pasa entre 165 y 170°. Por la acción del nitrato argéntico diluído sólo pierde un átomo de cloro. Brochet (3) dice también que se descompone por el agua en 2-cloropropanal, en su dipropiléter

$$CH_3 — CHCl — CH(O \cdot C_3H_7)_2$$

y en monopropiléter. La formación del acetal nos parece posible, mas no la del monopropiléter.

1-2-Diclorisobutiléter

$[(CH_3)_2CCl — CHCl — O — CH_2 — CH(CH_3)_2]$. PE = 192,5; 83° a 15 mm.

El mismo Brochet (4) dice haberlo obtenido clorando el alcohol isobutílico. Se descompone, calentándolo con agua, en clorisobutilaldehido y su acetal.

CLOROBROMADOS:

Hasta ahora no era conocido ninguno de la serie; cuantos hemos obtenido, aplicando el procedimiento detallado en la parte experimental, los hemos conseguido por bromuración directa y en frío de los éteres 1-monoclorados. Son los siguientes:

1-Cloro 2-brometil-metiléter.
1-Cloro 2-bromodietiléter.
1-Cloro 2-brometil-isamiléter.
1-Cloro 2 bromo-isamil-etiléter.
1-Cloro2-bromenantil-etiléter.

---

(1) Loc. cit.
(2) G., t. 33, 2.°; pág. 419. C., año 1904, t. 1.°, pág. 922.
(3) Loc. cit.
(4) Loc. cit.

C) En posición-2-3

OBTENCIÓN.—*Por la acción de los halógenos sobre los éteres alílicos.*—El único método empleado es el de la adición de halógeno a los éteres etilénicos en posición-2-3.

Propiedades.—No presentan propiedades peculiares dignas de ser notadas.

Monografías

DICLORADOS:

2-3-Dicloropropiléter

$$(CH_2Cl - CHCl - CH_2 . O . C_2H_5) . PE = 165^o.$$

Se obtiene por la acción del cloro sobre el metilaliléter (1).

DIBROMADOS:

2-3-Dibromopropilmetiléter

$$(CH_2Br - CHBr - CH_2 - O - CH_3) . PE = 185^o.$$

Bromando el alil-monetiléter.

2-3-Dibromopropiletiléter

$$(CH_2Br - CHBr - CH_2 . O . C_2H_5) . PE = 193\text{-}195^o.$$

Se obtiene con aliletiléter y bromo. Es reducido por la amalgama de sodio a aliletiléter. No reacciona con el cinc-metilo (2).

2-3-Dibromobutiletiléter

$$(CH_3 - CHBr - CHBr - CH_2 - O - C_2H_5) . PE = 116\text{-}117^o \text{ a } 20 \text{ mm}.$$

Puede obtenerse bromando el etil-crotiléter:

$$CH_3 - CH = CH - CH_2 - O - C_2H_5 + Br_2 =$$
$$= CH_3 - CHBr - CHBr - CH_2 - O . C_2H_5.$$

(1) Markownikow. Z., año 1865, pág. 554. Beilstein, t. 1.°, pág. 298.
(2) }}{., t. 16, pág. 495. C., año 1905, t. 1.°. pág. 668.

2-3-Dibromisobutiletiléter

$[CH_2Br - CBr(CH_3) . CH_2 - O - C_2H_5] . PE = 89\text{-}90^\circ$ a 14 mm.

Se obtiene por la adición de bromo al etil-isobuteniléter

$$CH_2 = \underset{\underset{CH_3}{|}}{C} - CH_2 - O - C_2H_5 \quad (1);$$

el cual éter lo obtuvo Scheschukow (2) con el cloruro de isobutenilo y el alcoholato sódico. El cloruro de isobutenilo se obtiene, junto con el de isocrotonilo, cuando se hace actuar el cloro sobre el isobuteno.

CLOROIODADOS:

2-Cloro 3-iodalilmetiléter

$(CH_2I - CHCl - CH_2 . O . CH_3) . PE = 195\text{-}196^\circ.$

Se obtiene por la acción del cloruro de iodo sobre el metilalíléter (3).

D) En posición-3-4

Obtención.—Un solo método conocemos, el de Lespieau (4), quien los prepara a partir del bromuro de alilo. Si sobre el magnesiano del bromuro de alilo (claro está que se puede emplear el ioduro) actúa un cloro (o bromo) metiléter, se copulan en esta forma:

$$CH_2 = CH - CH_2MgBr \xrightarrow{XCH_2O . R} CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - O - R.$$

Estos éteres absorben fácilmente los halógenos, dando los dihalogenados correspondientes:

$$CH_2X - X - CHX - CH_2 - CH_2 - O - R.$$

Propiedades.—Presentan como propiedad particular la de reaccionar

(1) Pagorshelski. B., t. 36, pág. 1.129. C., 1905, t. 2.°, pág. 668,
(2) Henry. B., t. 5.°, pág. 455. Beilstein, t. 1.°, pág. 297.
(3) Silva. B., t. 8.°, pág. 1.469. Beilstein, t. 1.°, pág. 298.
(4) C. r., t. 144, pág. 1.161.

con los alcoholatos, dando una mezcla de éteres monhalogenados en posición-3-4:

$$R_1 - CHX - CHX - CH_2 - CH_2 - O -$$

$$- R_2 \xrightarrow{R_3ONa} \begin{cases} R_1 - CHX - \underset{\underset{OR_3}{|}}{CH} - CH_2 - CH_2 - O - R_2 \\ R_1 - \underset{\underset{OR_3}{|}}{CH} - CHX - CH_2 - CH_2 - O - R_2 \end{cases}$$

De los éteres dihalogenados conocidos, son los que tienen los átomos de halógeno más apartados del oxígeno.

Monografías

3-4-Dibromobutilmetiléter

$(CH_2Br - CHBr - CH_2 . CH_2 . O . CH_3)$. PE = 209-211°.

Lo ha obtenido Lespieau (1) bromando el éter:

$$CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - O - CH_3,$$

que se obtiene, junto con el dialilo, cuando se hace actuar el magnesio sobre la disolución etérea de bromuro de alilo y clorometiléter:

$$CH_2{=}CH{-}CH_2MgBr + ClCH_2.O.CH_3 = MgBrCl + CH_2{=}CH{-}(CH_2)_2.O.CH_3.$$

Por la acción del ácido bromhídrico da el dibromobutano correspondiente; con el cinc, y el alcohol pierde el bromo, y por la acción del metilato sódico se produce una mezcla en proporciones iguales de 4-bromobutenil-metiléter

$$CHBr = CH - CH_2 - CH_2 . O . CH_3$$

y 3-bromobutenil-metiléter:

$$CH_2 = CBr - CH_2 - CH_2 . O . CH_3.$$

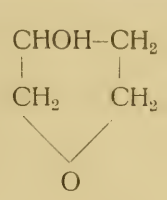
---

(1) Loc. cit.

3-4-Dibromobutiletiléter

$$[CH_2Br - CHBr(CH_2)_2 - O - C_2H_5] \,.\, PE = 98^\circ \text{ a } 13 \text{ mm.}$$

Ha sido obtenido por el método de Lespieau (1); presenta como propiedad particular la de saponificarse por el agua, dando oxhidrofurano



y el glicol correspondiente al dibromo derivado:

$$CH_2OH - CHOH - CH_2 - CH_2 - O - C_2H_5.$$

E) De constitución desconocida

Cloroiodoisopropilmetiléter

$$(Cl\ IC_3H_5 - O - CH_3) \,.\, PE = 200^\circ \text{ con poca desc.}$$

Se obtiene calentando durante cinco o seis horas epilclorhidrina y ioduro de metilo (2).

Clorobropropiletiléter

$$(ClBrC_3H_5 \,.\, O \,.\, C_2H_5) \,.\, PE = 186\text{-}188^\circ.$$

Se obtiene calentando epilclorhidrina con bromuro de etilo a 200° (3)

Cloroiodopropiléter

$$(ClIC_3H_5 - O - C_2H_5) \,.\, PE = 200\text{-}210^\circ.$$

Con epilclorhidrina y ioduro de etilo entre 200-20° (2).

---

(1) Pariselle. C. r., t. 150, pág. 1.056.
(2) Paal. B., t. 21, pág. 2.971. Beilstein, t. 1.°, pág. 298.
(3) Reboult Lourenço. A., t. 119, pág. 238.

3.° Éteres trihalogenados

1-2-2-Triclorodietiléter

$$(CHCl_2 - CHCl - O - C_2H_5).P.E = 170\text{-}175°.$$

Se puede obtener bien por la cloruración directa del éter

$$CHCl = CH - O - C_2H_5 \quad (1),$$

o mejor por la cloruración a unos 110° del dicloroéter:

$$CH_2Cl - CHCl - O - C_2H_5 \quad (2).$$

Su constitución se establece teniendo en cuenta: 1.°, que por ebullición lenta se descompone en 2-2 diclorovinilléter y ácido clorhídrico; 2.°, calentando con sulfúrico se desdobla en cloruro de etilo y dicloraldehido; y, por otra parte, con este aldehido y alcohol absoluto, saturando la mezcla de gas clorhídrico puede obtenerse el tricloroéter; 3.°, reaccionando con el alcohol absoluto da dicloroacetal, 90 por 100, y dicloraldehido y otros productos clorados (3).

2-2-3-Tribromopropilmetiléter

$$(CH_2Br - CBr_2 - CH_2 - O - CH_3).PE = 118\text{-}119° \text{ a } 35 \text{ mm}.$$

Lespieau lo obtuvo bromando el éter

$$CH_2 = CBr - CH_2 - O - CH_3,$$

en frío (4).

2-3-3-Tribrompropilmetiléter

$$(CHBr_2 - CHBr - CH_2 - O - CH_3) . PE = 133° \ 35 \text{ mm}.$$

También lo ha obtenido Lespieau bromando el éter:

$$CHBr = CH - CH_2 - O - CH_3 \quad (6).$$

---

(1) Jacobsen. B., t. 4.°, pág. 217. Beilstein, t. 1.°, pág. 296.
(2) Godefroy. J., año 1886, pág. 1.173. Beilstein, t. 1.°, pág. 296.
(3) Oddo y Mameli. G., t. 33, 2.°; pág. 373. C., año 1904, t. 1.°, pág. 920.
(4) Bl., t. [3] 13, pág. 630. Beilstein, t. 1.°*, pág. 110.

Triclorodipropiléter

Ya hemos dicho que la cloruración del éter propílico da un producto que, sometido a la destilación fraccionada, se obtiene primero el dicloroéter entre 165-170°, y luego entre 199-205° destila el triclorodipropiléter (1). Con nitrato de plata salta un solo átomo de cloro.

4.° Éteres tetrhalogenados

1-2-2-2-Tetracloretilmetiléter

$$(CCl_3 - CHCl - O - C_2H_5) . PE = 178°.$$

Se obtiene por la acción del pentacloruro de fósforo sobre el metilato de cloral (2).

2-2-3-3-Tetrabromopropilmetiléter

$$(CHBr_2 - CBr_2 - CH_2 - O - CH_3) . PE = 140\text{-}145° \text{ a } 20 \text{ mm}.$$

Se prepara con $BHBr = CBr - CH_2 - O - CH_3$ y bromo (3).

Trifluobrometiléter

$$(C_2HF_3Br - O - C_2H_5).$$

Por la acción del etilato sódico sobre el trifluodibrometano (4).

1-2-2-2-Tetracloretilpropiléter

$$(CCl_3 - CHCl - O - C_3H_7) . PE = 199\text{-}200°.$$

Se puede obtener, aplicando el método de Würtz, con cloral, alcohol propílico y ácido clorhídrico. Con el magnesiano del ioduro de metilo da:

$$CCl_2 = C(CH_3)(O . C_3H_7) \quad (5)$$

---

(1) Oddo y Cusmano. Loc. cit.
(2) Magnanini. G., t. 16, pág. 332. Beilstein, t. 1.°, pág. 297.
(3) Lespieau. Loc. cit.
(4) Swarts. C., año 1899, t. 2.°, pág. 281.
(5) Vitoria. *Bull. Acad. Roy. Belg.*, año 1904, pág. 1.087. C., año 1905, tomo 1.°, pág. 345.

1-2-2-2-Tetracloretilisobutiléter

$$(CCl_3 - CHCl - O - C_4H_9) . PE = 215^\circ.$$

Se obtiene con isobutilalcoholato de cloral

$$CCl_3 - CH(OH) - O - C_4H_9$$

y tricloruro de fósforo (1):

$$C_2H_5 - O - C_7H_{11}Br_4.$$

Descrito en (J. r., t. 11, pág. 395; J. pr., t. (2)23, pág. 273), que no pudimos consultar.

5.° Éteres penthalogenados

1-1-2-2-2-Pentacloréter

$$(CCl_3 - CCl_2 - O - C_2H_5) . PE = 190\text{-}210^\circ.$$

Se produce haciendo pasar cloro por triclorovinilléter.

1-2-2-Tricloro 1-2-dibrométer

$$(CCl_2Br - CClBr - O - C_2H_5).$$

Se obtiene con triclorovinil-etiléter y bromo. Se solidifica en frío en grandes cristales que funden a 17°.

---

(1) Pergani. G., t. 26, 2.°, pág. 470. Beilstein, t. 1.°*, pág. 111.

(Continuará.)

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE NÚMERO

Páginas.

I. Estudio de los caracteres métricos y morfológicos del cuerpo de los peces, por *Luis Lozano y Rey* 9
II. Nueva teoría para el desarrollo de las ecuaciones finales, por *Gualterio M. Seco* 40
III. Adiciones a la fauna de anélidos del Cantábrico, por *Enrique Rioja* 54
VI. Éteres y ésteres halogenados, por *José Puyal Gil* 80

La suscripción a esta Revista se hace por tomos completos, de 500 a 600 páginas, al precio de 12 pesetas en España y 12 francos en el extranjero, en la Secretaría de la Academia, calle de Valverde, número 26, Madrid.

Precio de este cuaderno: **1,50 pesetas.**

REVISTA

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

DE

MADRID

TOMO XVII: 2.º DE LA 2.ª SERIE

NÚMEROS 4, 5 Y 6: OCTUBRE, NOVIEMBRE Y DICIEMBRE DE 1918

SMITHSONIAN INSTITUTION
MAR 24 1928
NATIONAL MUSEUM

MADRID
IMPRENTA CLÁSICA ESPAÑOLA
GLORIETA DE CHAMBERÍ
1918

Reflexiones acerca de la resolución de las ecuaciones algébricas numéricas por el método de Gräffe

por

Vicente Ventosa (1)

APÉNDICE

En nuestro primer escrito dimos a conocer un método, en cierto modo empírico, sin demostración rigurosa, pero que en la práctica da buenos resultados, para hallar fácilmente, partiendo de las ecuaciones transformadas de la ecuación propuesta, los argumentos de las raíces imaginarias y las fórmulas con cuyo auxilio se podrá averiguar en cada caso cuál era de dichos argumentos el correspondiente a una de las raíces. Nada dijimos entonces acerca de la corrección de los valores directamente deducidos de la última transformada, y hoy nos proponemos, por vía de complemento, llenar aquel vacío, explicando el procedimiento de que para ello nos hemos valido utilizando nuestras fórmulas anteriores.

El astrónomo Encke, en la Memoria que escribió para perfeccionar y difundir la idea genial de Gräffe, y que muchos años después fué traducida y ampliada por don Miguel Merino, explana un método, basado en el de Newton, por el cual se propone corregir los elementos primeramente calculados de los trinomios reales de segundo grado de la forma $x^2 - fx + r^2$, en que puede descomponerse una ecuación cuando solamente contiene raíces imaginarias; es decir, hallar las correcciones que hay que aplicar al módulo r y al coeficiente $f = 2r \cos \theta$ (llamando θ al argumento), para obtener otros valores más aproximados a los verdaderos, o que a dicha ecuación deben satisfacer mejor.

---

(1) Memoria publicada en la *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, tomo XVI, número 1.º de la segunda serie.

Mas, por la explicación minuciosa y completa, aclarada con varios ejemplos numéricos (1), que en su excelente libro da el señor Merino, adviértese, desde luego, lo complicado que de aquel modo resulta el cálculo, el cual exige el empleo de muchas fórmulas, no tan sencillas en la práctica como a primera vista parecen. La dificultad principal procede, a nuestro entender, de fundarse exclusivamente aquel método en la descomposición de la ecuación dada en los mencionados trinomios, sin estar en las expresiones algébricas explícito el argumento, ni desligado del módulo.

La misma causa que hace muy penosa y difícil, en general, la determinación de f, dificulta y complica sobremanera su corrección y la del módulo (2).

El mismo señor Merino, después de aplicar a un ejemplo numérico las fórmulas que expone, dice: «Pero ¡de cuántas piedrezuelas está sembrado este tortuoso camino, y cuán fácil es tropezar y caer en él a lo mejor! Pruébese a recorrerle y se verá que no exageramos.» Y, a renglón seguido, añade: «Resulta, pues, en conclusión, que las fórmulas tan ingeniosamente construídas y tan dignas de estudio en teoría, por excepción únicamente, será menester emplearlas en la práctica. Tanta es, en efecto, la eficacia del procedimiento general de resolución de las ecuaciones numéricas aquí explicado, que apenas se necesita para nada lo que, con respecto a distintos y más famosos y celebrados métodos, debe considerarse como complemento indispensable.»

Tales consideraciones nos habrían retraído de tratar aquí este asunto, si no fuera porque el procedimiento que a continuación presentamos, y que se desprende, naturalmente, de fórmulas que ya hemos establecido, nos parece más sencillo y breve que el de Encke, puesto que da separada y simultáneamente las correcciones del módulo y del argumento, sin necesidad de introducir cantidad auxiliar alguna. Además, aunque limitado a las raíces imaginarias, en unión con los que existen para las raíces reales, puede, en caso necesario, ser útil, como luego se verá, para descubrir algún error que pudiera haberse deslizado en el cálculo. He aquí, sucintamente expuesto, en qué consiste.

---

(1) Véanse los párrafos 14 y 15 (p. 64); 23 y 24 (p. 110), y 32 y 33 (p. 161).

(2) Uno de los aciertos que, a nuestro juicio, más avaloran el folleto del señor Carvallo, muy notable en todos conceptos, es el haber sabido exponer, con claridad suma, la forma y composición de los coeficientes de la última ecuación transformada, haciendo resaltar los argumentos; así pudo venirnos la idea del procedimiento sencillo para determinar los mismos.

Si, conforme en la Memoria dijimos, en la ecuación que se trata de resolver

$$x^m + A_1 x^{m-1} + A_2 x^{m-2} + \ldots + A_{m-1} x + A_m = 0 \ldots \qquad [1]$$

se sustituyen las raíces complejas $r(\cos\theta \pm i \operatorname{sen}\theta)$, se obtendrán al fin, en virtud del teorema de Moivre, estas otras ecuaciones en que aquélla resulta descompuesta:

$$\left.\begin{aligned} r^m \cos m\theta + A_1 r^{m-1} \cos (m-1)\theta + A_2 r^{m-2} \cos (m-2)\theta + \ldots + \\ + A_{m-1} r \cos\theta + A_m = 0 \\ r^m \operatorname{sen} m\theta + A_1 r^{m-1} \operatorname{sen} (m-1)\theta + A_2 r^{m-2} \operatorname{sen} (m-2)\theta + \ldots + \\ + A_{m-1} r \operatorname{sen}\theta = 0 \end{aligned}\right\} \quad [2]$$

las cuales deben quedar igual y separadamente satisfechas por los verdaderos valores de r y θ. Pero como hay, en primer lugar, que deducir dichos valores de la última transformada, contendrán, seguramente, pequeños errores, y aquella condición no podrá realizarse por completo, y su sustitución dejará algún residuo en las ecuaciones [2], que por brevedad en la escritura llamaremos $F_c(r, \theta)$ y $F_s(r, \theta)$. Designando, además, respectivamente, estos residuos por dc y ds, cada una de las mencionadas ecuaciones necesitará una corrección de la misma magnitud que el correspondiente residuo tomado con signo contrario, y, despreciando las potencias de dr y $d\theta$, superiores a lo primera, será lícito igualarla a la diferencial total de la función respectiva. Podremos, pues, establecer

$$\left.\begin{aligned} -dc &= \frac{\partial F_c}{\partial r} dr + \frac{\partial F_c}{\partial \theta} d\theta \\ -ds &= \frac{\partial F_s}{\partial r} dr + \frac{\partial F_s}{\partial \theta} d\theta \end{aligned}\right\} \qquad [3]$$

y si, por brevedad, llamamos C y S a los polinomios.

$$\left.\begin{aligned} C = mr^{m-1} \cos m\theta + (m-1) A_1 r^{m-2} \cos (m-1)\theta + \ldots + \\ + 2A_{m-2} r \cos 2\theta + A_{m-1} \cos\theta \\ S = mr^{m-1} \operatorname{sen} m\theta + (m-1) A_1 r^{m-2} \operatorname{sen} (m-1)\theta + \ldots + \\ + 2A_{m-2} r \operatorname{sen} 2\theta + A_{m-1} \operatorname{sen}\theta \end{aligned}\right\} \quad [4]$$

hecha la diferenciación, se tendrán las dos ecuaciones lineales, que son las [3] con notación distinta,

$$\left.\begin{aligned} -dc &= C dr - S r d\theta \\ -ds &= S dr + C r d\theta \end{aligned}\right\} \qquad [5]$$

de las cuales, por eliminación, se deducen las correcciones que buscamos:

$$dr = -\frac{Cdc + Sds}{C^2 + S^2}, \quad rd\theta = \frac{Sdc - Cds}{C^2 + S^2} \qquad [6]$$

Como $d\theta$ resulta expresada en medida lineal, habrá que dividirla por sen 1″ para obtener su valor angular en segundos de arco; de modo que será:

$$d\theta'' = \frac{rd\theta}{r \operatorname{sen} 1''} \qquad [7]$$

Por último, será preferible, por conducir a resultados más exactos, hallar directamente la corrección del logaritmo de r. Para ello sabemos que

$$\log r_1 = \log (r + dr) = \log r + \log \left(1 + \frac{dr}{r}\right) = \log r + M \frac{dr}{r},$$

donde M es el módulo de los logaritmos vulgares, por lo que se tendrán al fin

$$\left.\begin{aligned} \log M \frac{dr}{r} &= \log M + \log dr + c^{to} \log r \\ \log r_1 &= \log r + M \frac{dr}{r} \end{aligned}\right\} \qquad [8]$$

Los sistemas de ecuaciones [4], [6], [7] y [8], contienen el esquema de todas las operaciones que hay que efectuar. La formación de los polinomios C y S es sencillísima, porque su término general, el de C., por ejemplo, es

$$nA_{m-n}\, r^{n-1} \cos n\theta = A_{m-n}\, r^n \cos n\theta) \times \frac{n}{r},$$

o, tomando logaritmos,

$$\log (nA_{m-n}\, r^{n-1} \cos n\theta) = \log (A_{m-n}\, r^n \cos n\theta) + \log n - \log r,$$

de suerte que al logaritmo del término general correspondiente a la primera ecuación [2] (que ya ha habido que formar para comprobar la raíz), hay que sumar el logaritmo del exponente que x tenga en dicho término, y restar en todos log r. Lo mismo habrá que hacer con los términos del polinomio S.

***

Como aplicación de las fórmulas anteriores, parécenos muy instructivo el ejemplo siguiente: El señor Carvallo resuelve en su folleto la célebre ecuación propuesta por Fourier

$$x^7 - 2x^5 - 3x^3 + 4x^2 - 5x + 6 = 0,$$

de la cual hemos hablado largamente en la Memoria. Conforme allí indicamos, aquel señor, proponiéndose hacer resaltar la sencillez y eficacia del método de Gräffe, se limitó a efectuar las operaciones con tres o cuatro cifras, utilizando la regla de cálculo, y así en la última transformada obtuvo para los coeficientes de los cuatro primeros términos estos valores, donde las letras a y b representan dos de las raíces reales y r y θ el primer par imaginario.

$$\begin{aligned}
&\log \quad a^{64} &&= 18{,}7416 + \\
&\log \quad (ab)^{64} &&= 30{,}7007 + \\
&\log 2\,(abr)^{64} \cos 64\theta &&= 37{,}8363 - \\
&\log \quad (abr^2)^{64} &&= 44{,}8949 +
\end{aligned}$$

de donde se deduce para el par imaginario

$$\begin{aligned}
\log \cos 64\theta &= \bar{1}{,}7375 - \qquad & 64\theta &= 180^\circ \pm 56^\circ\, 53' \\
\log r^{64} &= 7{,}0971 + \qquad & \log r &= 0{,}1109
\end{aligned}$$

Tomando para 64θ el valor $123^\circ\, 7'$, la escala descendente nos proporciona θ desde luego:

$$\begin{aligned}
64\theta &= - \quad \tau_{64} = 123^\circ \;\; 7' \;\; 0'' - \\
&\qquad\qquad\quad 61 \;\; 33 \;\; 30 + \\
32\theta &= - \quad \tau_{32} = 241 \;\; 33 \;\; 30 - \\
16\theta &= - \quad \tau_{16} = 120 \;\; 46 \;\; 45 - \\
&\qquad\qquad\quad 60 \;\; 23 \;\; 22 + \\
8\theta &= - \quad \tau_{8} = 240 \;\; 23 \;\; 22 - \\
4\theta &= - \; (1)\; \tau_{4} = 120 \;\; 11 \;\; 41 - \\
&\qquad\qquad\quad 60 \;\; 5 \;\; 50 + \\
2\theta &= - \quad \tau_{2} = 240 \;\; 5 \;\; 50 - \\
\theta &= - \quad \tau_{1} = 120 \;\; 2 \;\; 55 - = \theta
\end{aligned}$$

Este valor de θ sólo discrepa en 15″ del que se halló en la serie B de Documentos (pág. 51), partiendo de un valor de 64θ, algo diferente al empleado ahora.

---

(1) Acerca del signo + de la transformada 4θ, véase lo dicho en la Memoria (pág. 22).

Con estos elementos se puede proceder lo primero a su comprobación en la ecuación propuesta o en las [2] equivalentes; siendo de suma conveniencia efectuar esta parte del cálculo con logaritmos de siete cifras, con el fin de que los residuos tengan todas las que sean posibles. No por eso se complican las operaciones, pues el argumento y sus múltiplos se tomarán al minuto, partiendo en este caso de $\theta = 120^\circ\, 3'$, cuyos senos y cosenos las tablas de logaritmos proporcionan directamente sin interpolación alguna, y las cifras que no conocemos y falten en el logaritmo de r se suplirán con ceros, escribiendo $\log r = 0,1109000$.

Esto sentado, siendo los coeficientes numéricos de la ecuación de Fourier

$$A_0 = +1;\ A_1 = 0;\ A_2 = -2;\ A_3 = 0;\ A_4 = -3;\ A_5 = +4;\ A_6 = -5;\ A_7 = +6,$$

la sustitución de r y θ en las ecuaciones [2] conduce a los siguientes resultados:

Término	$A_0 r^7 \cos 7\theta = -3,018790$	$A_0 r^7 \operatorname{sen} 7\theta = +5,155706$
»	$A_2 r^5 \cos 5\theta = +3,557931$	$A_2 r^5 \operatorname{sen} 5\theta = +6,225141$
»	$A_4 r^3 \cos 3\theta = -6,453864$	$A_4 r^3 \operatorname{sen} 3\theta = -0,016896$
»	$A_5 r^2 \cos 2\theta = -3,322879$	$A_5 r^2 \operatorname{sen} 2\theta = -5,778664$
»	$A_6 r \cos \theta = +3,232182$	$A_6 r \operatorname{sen} \theta = -5,587039$
»	$A_7 = +6,000000$	»
Sumas	Residuo $dc = -0,005390$	Residuo $ds = -0,001752$

Los valores de los términos expresados permiten obtener los de los polimonios C y S, que son:

Término	$7A_0 r^6 \cos 7\theta = -16,36932$	$7A_0 r^6 \operatorname{sen} 7\theta = +27,95671$
»	$5A_2 r^4 \cos 5\theta = +13,78070$	$5A_2 r^4 \operatorname{sen} 5\theta = +24,11094$
»	$3A_4 r^2 \cos 3\theta = -14,99827$	$3A_4 r^2 \operatorname{sen} 3\theta = -0,03927$
»	$2A_5 r \cos 2\theta = -5,14807$	$2A_5 r \operatorname{sen} 2\theta = -8,95277$
»	$A_6 \cos \theta = +2.50377$	$A_6 \operatorname{sen} \theta = -4,32794$
Sumas	$C = -20,23119$	$S = +38,74767$

(Compárase la forma de estos polinomios con los que da el señor Merino en su obra, pág. 183.)

Tenemos ya, pues, todo lo necesario para proceder a la corrección del módulo y del argumento. En el cálculo de las fórmulas [6], [7] y [8], que podemos realizar con logaritmos de cinco cifras solamente, se toman como elementos indispensables

$\log dc = \overline{3},73159 -$	$\log C = 1,30602 -$	$\log M = \overline{1},63778$
$\log ds = \overline{3},24353 -$	$\log S = 1,58825 +$	
$\log r \operatorname{sen} 1'' = \overline{6},79647 +$	$\log (C^2 + S^2) = 3,28119 +$	

y con ellos vamos a permitirnos copiar todas las operaciones, sin omitir cifra alguna, a fin de que pueda apreciarse su grado de sencillez o complicación.

Corrección del módulo

$$\log dc = \bar{3},73159 -$$
$$\log C = 1,30602 -$$
$$\log Cdc = \bar{1},03761 +$$

$$\log ds = \bar{3},24353$$
$$\log S = 1,58825 +$$
$$\log Sds = \bar{2},83178 -$$

$$Cdc = + 0,10905$$
$$Sds = - 0,06789$$
$$Cdc + Sds = + 0,04116$$

$$\log -(Cdc + Sds) = \bar{2},61448 -$$
$$\log (C^2 + S^2) = 3,28119 +$$
$$\log dr = \bar{5},33329 -$$
$$\text{com} \log r = \bar{1},88910 +$$
$$\log M = \bar{1},63778 +$$
$$\log M \frac{dr}{r} = \bar{6},86017 -$$

$$M \frac{dr}{r} = - 0,000007247$$
$$\log r = 0,110900000$$
$$\log r_1 = 0,110892753$$

Corrección del argumento

$$\log dc = \bar{3},73159 -$$
$$\log S = 1,58825 +$$
$$\log Sdc = \bar{1},31984 -$$

$$\log ds = \bar{3},24353 -$$
$$\log C = 1,30602$$
$$\log Cds = \bar{2},54955 +$$

$$Sdc = - 0,20885$$
$$Cds = + 0,03544$$
$$Sdc - Cds = - 0,24429$$

$$\log (Sdc - Cds) = \bar{1},38791 -$$
$$\log (C^2 + S^2) = 3,28119 +$$
$$\log rd\theta = \bar{4},10672 -$$
$$\log r \operatorname{sen} 1'' = \bar{6},79647 +$$
$$\log d\theta'' = 1,31025 -$$

$$d\theta'' = - 0^\circ\, 0'\, 20'',43$$
$$\theta = 120\ 3\ 0,00$$
$$\theta_1 = 120\ 2\ 39,57$$

En el libro del señor Merino, pág. 184, se hallan los siguientes valores, corregidos por el método de Encke, para r y θ, teniendo en cuenta que allí se llama g a r, y en vez de θ se toma su suplemento.

$$\log r_1 = 0,110892756 \qquad \theta_1 = 120^\circ\, 2'\, 39'',58;$$

de modo que los dos de r difieren solamente en *3 unidades del 9.° orden decimal,* y los de θ en *una centésima de segundo de arco.*

Por último, sustituídos los valores de r_1 y θ_1 en la ecuación propuesta, dan los siguientes residuos, prácticamente nulos:

$$dc_1 = + 0,000002$$
$$ds_1 = 0,000000$$

Pudiera creerse que estos resultados tan satisfactorios eran debidos a

la concurrencia fortuita de circunstancias favorables. Para esclarecer tal duda, apliquemos el mismo procedimiento al segundo par imaginario de la ecuación de Fourier, tomando también los datos del trabajo del señor Carvallo. En la página 25 del mismo (después de corregir algunas erratas de imprenta) se halla con nuestra notación lo siguiente:

$$\log c^{256} = 11{,}4079 +$$
$$\log 2\,(cr')^{256} \cos 256\theta' = 15{,}6435 +$$
$$\log (cr'^2)^{256} = 19{,}6314 +$$

de donde, prescindiendo de la tercera raíz real c, se deduce:

$$\log r'^{256} = 4{,}1117 + \qquad \log r' = 0{,}0161$$
$$\log \cos 256\theta' = \overline{1}{,}8228 + \qquad 256\theta' = 360^\circ \pm 48^\circ\ 19'$$

Dejaremos, para no abusar de la paciencia de nuestros lectores, de entrar en tantos pormenores como en el ejemplo precedente, y efectuando el cálculo de la misma manera con los datos

$$\log r' = 0{,}0161 \qquad 256\theta' = 311^\circ\ 41'$$

la escala descendente nos dará, desde luego, con los signos de las transformadas $\theta' = 72^\circ\ 53'\ 10''$, que sólo se diferencia en $28''$ del valor anotado en la serie B de Documentos. Tomando $\theta' = 72^\circ\ 56'$, se halla sucesivamente, empleando logaritmos de siete cifras decimales:

$$dc' = -0{,}003462 \qquad C' = -19{,}9582$$
$$ds' = -0{,}000369 \qquad S' = +\ 9{,}3097$$

con cuyos elementos, las fórmulas de corrección, limitando a cinco cifras el cálculo numérico, dan $\log dr' = \overline{4},\ 13156 -$, y, por tanto,

$$M\frac{dr'}{r'} = -0{,}000056655 \qquad d\theta''_1 = -\ 0^\circ\ 0'\ 16''23$$
$$\log r'_1 = \underline{0{,}016100000} \qquad \theta' = \underline{72\ 56\ \ 0{,}00}$$
$$\log r'_1 = 0{,}016043345 \qquad \theta'_1 = 72\ 55\ 43{,}77$$

En la obra del señor Merino no está detallado el cálculo de las correcciones de este segundo par imaginario como se halla el del primero, y carecemos de medios de hacer la comparación exacta; pero, si sustituímos los valores de $\log r'_1$ y θ'_1, que hemos obtenido, en la ecuación propuesta, resultan estos insignificantes residuos:

$$dc'_1 = 0{,}000000$$
$$ds'_1 = +\,0{,}000001$$

De tan acordes resultados parece desprenderse, si no nos equivocamos, una consecuencia importante para la práctica del método de Gräffe. Vista la eficacia de nuestras fórmulas de corrección, sería acaso preferible efectuar el cálculo de las transformadas solamente con tres o cuatro cifras decimales, como lo hizo el señor Carvallo en éste y en otros ejemplos, y aplicar luego a los valores así obtenidos, cuando se necesitara en ellos gran precisión, las correcciones con la extensión que hemos indicado, porque la determinación de las transformadas con lujo de cifras, cualquiera que sea el procedimiento que se adopte, exige demasiado tiempo y sumo cuidado para no equivocarse; mucho más que el uso de aquellas fórmulas. Es una idea que apuntamos. Sin embargo, en todo esto no puede darse ninguna regla absoluta; la práctica y la habilidad del calculador decidirán en cada caso lo más conveniente, si se atiende, además, al grado de aproximación que haga falta en los valores de las incógnitas.

***

Muy curioso, aunque de otro género que el anterior, es el ejemplo que vamos a exponer, porque fué precisamente el que, a causa de un error que cometimos, nos sugirió la idea de las fórmulas de corrección.

En la última página del texto de la Memoria, deseando evidenciar la sencillez del método de las escalas descendentes en la determinación de los argumentos, echamos mano de esta otra ecuación del libro del señor Merino:

$$x^5 - 7x^4 + 103x^3 - x^2 - 1834x - 11824 = 0$$

que tiene una raíz real a y dos pares imaginarios, cuyos valores son:

$$\begin{array}{lll} r = & 11{,}01263 & \theta = 72^\circ\, 22'\, 26'' \\ a = + & 6{,}18763 & \\ r' = & 3{,}96944 & \theta' = 137^\circ\, 32'\, 27'' \end{array}$$

Dijimos entonces que estos valores satisfacían, *en general*, a la ecuación propuesta, porque siendo, sin duda alguna, muy aproximados a los verdaderos, dejaban, sin embargo, *algo que desear*, puesto que los residuos eran bastante grandes. Entonces nos ocurrió corregirlos por las fórmulas que encontramos, y en vista de la magnitud de los errores, repetir

el cálculo hasta encontrar residuos despreciables. He aquí, en el siguiente cuadro, los resultados que sucesivamente hallamos:

Raíces		Módulos	Argumentos	Residuos de la ecuación	
				dc	*ds*
1.er par.	Primeros valores..	$r = 11{,}01263$	$\theta = 72^\circ 22' 26''$	+ 1501	+4719
	1.a corrección...	$r_1 = 10{,}9148$	$\theta_1 = 71\ 48\ \ 5$	— 115	+ 203
	2.a íd. ...	$r_2 = 10{,}9160$	$\theta_2 = 71\ 45\ 48$	— 1	0
2.º par.	Primeros valores..	$r' = 3{,}96944$	$\theta' = 137^\circ 32' 27''$	— 1317,8	+1206,5
	1.a corrección...	$r'_1 = 4{,}07989$	$\theta'_1 = 134\ 20\ 56$	— 74,4	— 178,0
	2.a íd. ...	$r'_2 = 4{,}09367$	$\theta'_2 = 134\ 38\ 38$	— 1,2	+ 1,4
	3.a íd. ...	$r'_3 = 4{,}09379$	$\theta'_3 = 134\ 38\ 27$	— 0,12	+ 0,08
Raíz real	Primer valor....	$a = 6{,}18763$	»	»	$dF = +2783{,}6$
	1.a corrección...	$a_1 = 5{,}93750$	»	»	$= +\ 162{,}9$
	2.a íd. ...	$a_2 = 5{,}82096$	»	»	$= +\ 0{,}2$

La raíz real fué corregida por el método de Newton repitiendo la operación, y el segundo par imaginario se corrigió por tercera vez al advertir la importancia de las variaciones del argumento θ'. Nótese cuán rápidamente decrecen los residuos en cada operación.

Estos resultados extraños constituían para nosotros un enigma, porque no podía admitirse que valores tan diferentes entre sí pudieran ser raíces de una misma ecuación. Deseando aclararlo, quisimos ver cómo unos y otros, los más discrepantes, representaban a los coeficientes numéricos de la ecuación dada. Dichos coeficientes tienen por expresión algébrica y valor numérico en este caso.

Térm'nos	COEFICIENTES		Resultados según los valores: Primeros	Resultados según los valores: Últimos corregidos
2.º	$(x^4) = f + f' + a$	$= +\ 7$	$+\ 6{,}99995$	$+\ 6{,}99996$
3.º	$(x^3) = r^2 + af + af' + r'^2 + ff'$	$= +\ 103$	$+\ 103{,}1$	$+\ 103{,}0$
4.º	$(x^2) = ar^2 + ar'^2 + r^2 f' + r'^2 f + aff'$	$= +\ 1$	$+\ 0{,}99$	$+\ 0{,}98$
5.º	$(x') = r^2 r'^2 + ar^2 f' + ar'^2 f$	$= -\ 1834$	$-\ 1834{,}4$	$-\ 1384{,}1$
6.º	$(x^0) = ar^2 r'^2$	$= +11824$	$+11824$	$+11824$

El enigma quedó así aclarado. Consistía sencillamente, según se ve, en haber equivocado en todas las operaciones de comprobación y corrección el coeficiente del término en x, permutando las cifras 3 y 8 y escribiendo 1384 por 1834. O, dicho de otro modo: habíamos hallado las raíces de otra ecuación que sólo difería de la propuesta en el coeficiente de uno de sus términos.

Si en la ecuación primitiva se sustituyeran los valores verdaderos de las raíces se encontrarían los residuos.

$$dc = 0 \qquad dF = -0{,}7 \qquad dc' = -0{,}4$$
$$ds = -1 \qquad\qquad ds' = +0{,}7$$

Naturalmente, lo más lógico y sencillo habría sido repasar primero los datos del problema; pero lo más sencillo y razonable es lo último que suele ocurrirse cuando el ánimo está ofuscado. Si de algo sirve esta lección, que pone de manifiesto nuestro descuido, será como estudio del alcance y utilidad de nuestras fórmulas, las cuales, sin embargo, en manos más hábiles que las nuestras, quizás lleguen a simplificarse.

***

Las mismas fórmulas de corrección, aunque su empleo resultaría en este caso demasiado largo, podrían servir para averiguar y corregir algún error de cuantía que se sospechara podía existir en alguno de los coeficientes de las últimas transformadas, sin necesidad de rehacer el cálculo, siempre penoso, de las mismas. Pero es mucho más breve que todo lo dicho acudir a la relación que necesariamente enlaza unas con otras las sucesivas transformadas, conforme a los principios del análisis vectorial, del cual es consecuencia lógica la fórmula de Moivre.

En efecto: al pasar de una transformada a la siguiente, en las raíces imaginarias se verifica que el *módulo* queda *elevado al cuadrado*, mientras que el *argumento se duplica;* en general, cuando el vector *t se eleva* a la potencia n y se hace igual a t^n, el *argumento* θ se *multiplica* por n, y se convierte en $n\theta$.

Debe suceder, pues, *si las raíces están ya separadas,* que el ángulo $n\theta$, perteneciente a la transformada *enésima,* sea en la que le sigue igual a $2n\theta$, y bastaría ver si esta condición se cumple para asegurarse de que el coeficiente respectivo está exento de error. En realidad, esto no sucede exactamente, porque no es cierto que *en todas* las transformadas los coeficientes tengan la misma precisión y estructura que cuando está conseguida la separación de las raíces; pero en la serie B de Documentos con que termina nuestra Memoria se ve claramente, y ya se hizo notar entonces, que en las tres o cuatro últimas transformadas son pequeñas las diferencias entre los verdaderos y falsos valores de los módulos y de los argumentos. Calculando, por tanto, dichos valores *en las tres últimas transformadas, como si tales diferencias no existiesen,* se verá si la relación arriba indicada se verifica aproximadamente. En caso negativo

se podrá proceder a rectificar el coeficiente que aparezca erróneo en una transformada por medio de los valores *casi exactos* que den las otras dos transformadas.

Un ejemplo numérico aclarará esta doctrina. En la Memoria señalamos una errata de imprenta que en la página 94 del libro del señor Merino se había deslizado en la característica del primer coeficiente de la última transformada de la ecuación de Le Verrier; los demás coeficientes están exentos de error. Limitándonos, pues, a los dos primeros coeficientes de las transformadas 2^3, 2^4 y 2^5, sus logaritmos, tales como aparecen impresos en la página citada, son:

$$\begin{aligned}
\log 2r^8 \cos 8\theta &= 2{,}3664619 + \\
\log (r^2)^8 &= 4{,}9128268 + \\
\log 2r^{16} \cos 16\theta &= 5{,}0398083 - \\
\log (r^2)^{16} &= 9{,}8140402 + \\
\log 2r^{32} \cos 32\theta &= 10{,}0093400 - \\
\log (r^2)^{32} &= 19{,}6281857 +
\end{aligned}$$

de los cuales se deduce respectivamente:

$$\begin{array}{lll}
\log r_8 = 0{,}3070579 & \log r_{16} = 0{,}3066888 & \log r_{32} = 0{,}3066904 \\
\log \cos 8\theta = \overline{1}{,}6089685 + & \log \cos 16\theta = \overline{1}{,}8317582 - & \log \cos 32\theta = \overline{1}{,}8942172 - \\
8\theta = 66^\circ\, 1'\, 13'' \text{ (1)} & 16\theta = 132^\circ\, 45'\, 7'' & 32\theta = 141^\circ\, 36'\, 43'' \text{ ó} \\
 & & \quad = 218\ \ 23\ \ 17
\end{array}$$

y de aquí sucesivamente:

$$2 \times 8\theta = 132^\circ\, 2'\, 26'' = 16\theta \qquad 2 \times 16\theta = 265^\circ\, 30'\, 14'' = 32\theta.$$

En los valores de $\log r$ no se nota otra diferencia que la consiguiente al grado de aproximación que pueden dar las transformadas anteriores a la final, y lo mismo acontece con los valores de 8θ y 16θ al duplicarlos; pero el de 32θ no ofrece semejanza ni relación alguna con los precedentes, siendo presumible que esté equivocado. Para probarlo tomemos $32\theta = 2 \times 16\theta = 265^\circ\, 30'\, 14''$, y como de los datos impresos también se tiene $\log (r^2)^{32} = 19{,}6281857$, resultará:

$$\begin{aligned}
\log \cos (265^\circ 30' 14'') &= \overline{2}{,}8942686 - \\
\log 2r^{32} &= \underline{10{,}1151228} \\
\log 2r^{32} \cos 32\theta &= 9{,}0093914 -
\end{aligned}$$

que debe ser igual al logaritmo del coeficiente del primer término si no hay error. Pero el logaritmo impreso es..... 10,0093400 —,

---

(1) Haciendo caso omiso de las circunferencias.

donde se ve claramente, dentro de los límites de aproximación posibles, que el error que se buscaba consiste en *una unidad en la característica* del logaritmo. Y este error es una errata de imprenta, porque el cálculo del señor Merino está bien hecho. El logaritmo corregido de cos 32θ es $\overline{2},8942172$ que da para $\theta = 180 \pm 85^\circ\ 30'\ 16''$, o los dos valores $265^\circ\ 30'\ 16''$ y $94^\circ\ 29'\ 44''$, el primero de los cuales concuerda con el que se obtuvo duplicando 16θ.

***

Como simple objeto de curiosidad, o, acaso, si no estamos ofuscados, como contribución al estudio de los cambios de signo en los coeficientes de los términos que son función de los argumentos de las raíces complejas en las transformadas sucesivas, hemos dibujado un imperfecto croquis, fielmente reproducido por el fotograbado en la adjunta lámina, el cual es la representación gráfica de todas las fluctuaciones de signo posibles en cada transformada y sus relaciones con las de las otras por medio de trazos rectilíneos alternativamente gruesos y delgados, según sea el signo del coseno respectivo; todo lo cual constituye, a primera vista, un conjunto de rayas bastante confuso, y que, por lo mismo, trataremos de aclarar a renglón seguido, antes de entrar en la descripción de la lámina.

Comencemos por recordar algo dicho más arriba: que para pasar de una ecuación transformada a la siguiente, conforme al método de Gräffe, las raíces de la primera quedan en la segunda elevadas al cuadrado, y que, al hacer las operaciones para ello necesarias, resulta que, en efecto, las raíces y los módulos de las imaginarias son los cuadrados de las anteriores, mientras que los argumentos solamente han duplicado de valor. Se tiene, en general, que al crecer n veces, el argumento θ se convierte en otro de amplitud $n\theta$, cuya expresión es, como sabemos, $n\theta = 2k\pi + \tau$, pudiendo, de consiguiente, componerse de k circunferencias recorridas, más un ángulo residuo τ, cuyo coseno es el mismo de $n\theta$ si n designa la potencia a que han sido elevadas las raíces de la ecuación propuesta.

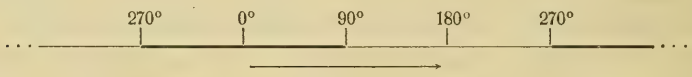
Síguese de aquí que la rapidez con que varían de valor los argumentos de la transformada *enésima* estará representada por el valor del exponente n, y que con igual rapidez cambiarán de signo los cosenos de $n\theta$. Así, por ejemplo, cos 8θ variará de signo 8 veces más frecuentemente que cos θ; cos 256θ, 256 veces más aprisa, etc.

Sentadas estas nociones elementalísimas (que, por superfluas, quizás habríamos debido omitir), perécenos que será posible formarse clara idea

de la al parecer complicada estructura de la lámina, que, en suma, consiste en lo siguiente.

Sobre un fondo común, previamente cuadriculado en milímetros con el fin de facilitar el dibujo, divídese la lámina verticalmente en dos grandes columnas, subdivididas a su vez en otras por trazos rectilíneos alternativamente gruesos y delgados. En las márgenes izquierda y derecha de ambas grandes columnas, y con el epígrafe θ, se ha escrito la serie de números enteros consecutivos 1, 2, 3..., colocados sobre rectas horizontales distanciadas de centímetro en centímetro hasta llegar a 90, los cuales son los valores absolutos de θ de grado en grado en el primer cuadrante, no siendo necesario prolongar la serie hasta los 360°, porque en los demás cuadrantes repítense los cosenos en magnitud y signo, con cierto orden, iguales a los ya anotados. En las márgenes izquierdas los números *bajan creciendo* desde 0° a 23°, y desde 22° a 45°; luego ascienden por la derecha desde 45° a 68°, y desde 67° a 90°, respectivamente (1).

Las líneas de trazos van encabezadas por los números 2^1, 2^2, 2^3..., 2^8, que son los exponentes de las potencias de las diferentes transformadas; y en esas líneas los trazos *anchos*, o más entintados, indican la mitad de cada circunferencia en la que los *cosenos son positivos,* y los trazos *finos* la otra mitad en que los *cosenos son negativos.* (Claro está que pudiera haberse supuesto lo contrario.) La *suma* de un trazo grueso y otro delgado adyacente comprende, por tanto, *una circunferencia exacta,* correspondiendo el origen 0° de cada una al punto medio de la parte gruesa. El orden de colocación de los demás ángulos, y el sentido en que éstos crecen, podrá indicarse por la siguiente figura conforme a la dirección de la flecha en este caso. En el sentido opuesto el orden de colocación sería inverso.



No siendo igual la rapidez con que crecen los ángulos en las diferentes transformadas, tampoco será igual en todas la longitud de los trazos; éstos tienen que ser más cortos, y, en cambio, más numerosos conforme aumenta el exponente de la potencia. La longitud del doble trazo que comprende una circunferencia, está dada por la expresión $\frac{2\pi l}{n}$, en la que l es la

(1) Los intervalos 22°-23° y 67°-68°, han sido por conveniencia repetidos en ambas columnas.

distancia que en el dibujo hay entre dos grados consecutivos del argumento θ. En el caso actual es $l = 10$ milímetros, por lo que tendremos para cada transformada:

n	$\frac{2\pi l}{n}$	Cuadrícula
2^8	14,0625 mm.	1 mm. = 25°,6
2^7	28,125 »	» = 12 ,8
2^6	56,25 »	» = 6 ,4
2^5	112,5 »	» = 3 ,2
2^4	225 »	» = 1 ,6
2^3	450 »	» = 0 ,8
2^2	900 »	» = 0 ,4
2^1	1800 »	» = 0 ,2
2^0	3600 »	» = 0 ,1

Estos números nos han servido para el trazado de la lámina; pero falta aun hallar otro dato indispensable para la colocación relativa de las líneas. Si se advierte que para $\theta = 0°$ todos los múltiplos de este argumento son también nulos, el origen o punto de partida de todas las líneas será el lugar correspondiente a 0°; es decir, según nuestra convención, al punto medio de la parte gruesa.

Los ángulos complementarios θ y $\frac{\pi}{2} - \theta$, al duplicarse en la primera transformada, se convierten, respectivamente, en 2θ y $\pi - 2\theta$, cuyos cosenos son iguales en magnitud absoluta, pero de signo contrario; el cambio de signo se verifica cuando es $\theta = \frac{\pi}{4} = 45°$. Por este motivo la recta encabezada por 2′ es gruesa en la margen izquierda de ambas columnas, y delgada en la margen derecha, y habrá que tomar una u otra según sea $\theta < 45°$ ó $> 45°$. Por otra parte, tenemos que los ángulos θ, $\pi \pm \theta$, $2\pi - \theta$, al duplicarse son 2θ, $2\pi \pm 2\theta$, $4\pi - 2\theta$, argumentos cuyos cosenos no difieren en magnitud ni signo. Estas consideraciones nos han permitido reducir la lámina a las moderadas proporciones actuales para que pueda servir en todos los casos posibles. Bastará tomar el ángulo suplementario $< 90°$ si el argumento es $> 90°$. Así, para el argumento $\theta = 200°$, por ejemplo, tomaremos $\theta = 20° = 200° - 180°$, y para $\theta = 300°$, $\theta = 60° = 360° - 300°$.

Explicada ya, quizás con sobrada minuciosidad, la composición de la lámina, pasemos a estudiar algunos de sus caracteres.

Al examinarla con alguna atención, una de las cosas que primero se advierten, en medio de la confusión aparente, es cierta simetría en la dis-

posición de las líneas de trazos correspondientes a varias transformadas consecutivas. Así sucede, por ejemplo, en el espacio que media entre los argumentos 11° y 12°. Tracemos la recta AB, de rayas y puntos, por el lugar donde leeríamos 11°,25, o sea dos y medio milímetros por debajo de la recta correspondiente a 11°. En esta posición es AB precisamente el eje de simetría del grupo de trazos gruesos que allí forman las rectas 2^8, 2^7, 2^6 y 2^5; después en 2^4, 2^3, etc., el grupo desaparece. Si se cuenta, a partir del origen de los ángulos, el número de trazos que hay hasta el que corta AB en 2^8, se verá que son ocho, es decir, que serán ocho las circunferencias recorridas por el argumento hasta entonces. En 2^7 los trazos son cuatro, y, por tanto, cuatro las circunferencias descritas, en 2^6 son dos y una solamente en 2^5. Los cosenos de dichas rectas o transformadas, para $\theta = 11°,25$ son positivos; pero en la siguiente 2^4 nos encontramos con un trazo delgado dividido por su mitad, o sea en el punto π ó 180° cuyo coseno es negativo, y, finalmente, en 2^3 el trazo grueso termina exactamente en el lugar $\theta = 11°,25$ o en los 90°, cuyo coseno es nulo.

Si bien se repara, todo lo dicho aquí no es en suma otra cosa que la expresión gráfica del procedimiento expuesto en la Memoria para determinar por *escala descendente* los argumentos de la ecuación propuesta. La única diferencia es que en los casos prácticos solemos encontrarnos situados, aunque no lejos, a uno u otro lado del eje de simetría; situación que puede modificar a veces el signo de alguna de las transformadas.

Del propio modo veríamos que por $\theta = 22°,5$ ó 67°,5 pasa el eje de simetría de otro grupo mayor que el acabado de exponer, pues en la línea 2^8 son 16 las circunferencias; en 2^7, 8, y así hasta 1 en 2^4; esto es, que en *cinco* transformadas consecutivas son positivos los cosenos, el de 2^3 ya es negativo y cero en 2^2. Unicamente hay otro grupo, el correspondiente al $\theta = 0°$ en el que todos los signos de los coeficientes de las transformadas son positivos, conforme ya indicamos. En cambio, los grupos más deficientes son aquellos en que es menor el número de *circunferencias pares,* aunque conservando los propios caracteres, y los grupos dejan de existir. pero no sin que haya también cierta simetría, más difícil de percibir, cuando el número de circunferencias es *impar*. Lo que hemos establecido partiendo de la transformada 2^8, podríamos repetirlo tomando como punto de partida cualquiera otra transformada.

Por medio de nuestra lámina se podrá también saber con bastante seguridad, cuando conozcamos el valor del argumento θ, el signo que han de tener los coeficientes de todas las transformadas, en los términos que son función explícita de aquél, y hasta los casos en que el signo pueda ser algo dudoso. E inversamente, a la vista de las transformadas, será posible, *sin*

hacer ningún cálculo previo, rastrear con alguna aproximación el valor de θ o de su suplemento.

En apoyo de la primera afirmación pongamos algunos ejemplos elegidos a voluntad. Sean $\theta = 14^{\circ},05$; $16^{\circ},9$; $70^{\circ},3$, y $71^{\circ},0$. Colocados según se ve a continuación, y duplicando sucesivamente sus valores, se obtendrán los siguientes resultados:

n	τ	c	n	τ	c	n	τ	c	n	τ	c
2^0	$14^0,05$		2^0	$16^0,9$		2^0	$70^0,3$		2^0	$71^0,0$	
2^1	28 ,1	+	2^1	33 ,8	+	2^1	140 ,6	—	2^1	142 ,0	—
2^2	56 ,2	+	2^2	67 ,6	+	2^2	281 ,2	+	2^2	284 ,0	+
2^3	112 ,4	—	2^3	135 ,2	—	2^3	202 ,4	—	2^3	208 ,0	—
2^4	224 ,8	—	2^4	270 ,4*	+	2^4	44 ,8	+	2^4	56 ,0	+
2^5	89 ,6*	+	2^5	180 ,8	—	2^5	89 ,6*	+	2^5	112 ,0	—
2^6	179 ,2	—	2^6	1 ,6	+	2^6	179 ,2	—	2^6	224 ,0	—
2^7	358 ,4	+	2^7	3 ,2	+	2^7	358 ,4	+	2^7	88 ,0*	+
2^8	356 ,8	+	2^8	6 ,4	+	2^8	356 ,8	+	2^8	176 ,0	—

Los ángulos señalados con un asterisco son aquellos que en cada caso están próximos a los puntos críticos en que el coseno se anula y cambia de signo. Adviértase, además, que los argumentos $70^{\circ},3$ y $71^{\circ},0$, por ser mayores que 45°, tienen el coseno de $2'$ negativo y hay que buscarlos en la margen derecha de la lámina. Ahora, si el paciente lector quiere comprobar los resultados precedentes, tome una regla y colóquela sucesivamente en el lugar respectivo: medio milímetro debajo de la línea 14°; nueve milímetros debajo de la línea 16°; tres milímetros encima de la línea 70°, y en la misma línea 71°. Así, no sólo se verá que la regla corta debidamente los trazos gruesos o los delgados, y que en los puntos críticos coincide la regla con el punto de unión de dos trazos consecutivos; siempre teniendo en cuenta las imperfecciones inevitables del dibujo.

Tratemos ahora de comprobar el segundo extremo antes apuntado: que basta conocer los signos de las transformadas para rastrear en la lámina, *con alguna aproximación y sin cálculo previo,* el valor del argumento o de su suplemento. Como los trazos son tanto más largos cuanto es menor el exponente de la potencia, convendrá comenzar por éstos el examen y luego seguirle por los trazos cada vez más cortos, siempre buscando la concordancia de signos, y de este modo hallaremos dos *valores límites* para θ, uno superior y otro inferior al verdadero, en los que los signos conocidos persistirán, y pasados los cuales alguno de los signos habrá cambiado.

Pongamos algunos ejemplos entresacados de la colección de *Documentos, serie B (Memoria,* pág. 54 y 55). Sea uno de ellos el referente

al primer argumento de la ecuación de Encke, cuya última transformada lleva el exponente 2^8. Allí encontramos:

Transformadas	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5	2^6	2^7	2^8
con los signos	—	—	—	+	+	+	+	+

En la lámina hallaremos los siguientes valores límites para $\theta = 67^\circ,15$ y $67^\circ,5$, que difieren en $0^\circ,35$:

Para $\theta = 67^\circ,15$ es $\tau =$	$134^\circ,3$	$268^\circ,6$	$177^\circ,2$	$354^\circ,4$	$348^\circ,8$	$337^\circ,6$	$315^\circ,2$	$270^\circ,4$
con los signos	—	—	—	+	+	+	+	+

acordes con los que llevan las transformadas. Obsérvese que el último valor de τ está casi en el punto crítico.

Para $\theta = 67^\circ,5$ es $\tau =$	135°	270°	180°	0°	0°	0°	0°	0°
con los signos	—	±	—	+	+	+	+	+

Aquí el término 2^2 da ángulo de signo dudoso; los demás acordes.

Si en la aproximación no hubiéramos pasado de la potencia 2^5, uno de los valores límites de θ sería el mismo $67^\circ,5$ y el otro $64^\circ,7$. Tendremos, pues:

Para $64^\circ,7$ y	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5
$\tau =$	$129^\circ,4$	$258^\circ,8$	$157^\circ,6$	$315^\circ,2$	$270^\circ,4$, próximo al punto crítico, con
los signos	—	—	—	+	+

Terminado el cálculo en la potencia 2^5, los límites difieren más que antes: en $2^\circ,8$.

En este ejemplo el argumento dado por la escala descendente es $\theta = 112^\circ 32' = 180^\circ - 67^\circ 28'$.

Para el segundo ejemplo acudiremos también a la ecuación de Encke, tercer argemento. Allí encontramos para las transformadas:

	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5	2^6	2^7	2^8
los signos	—	—	+	+	—	—	+	+

Buscando en la lámina hallaremos que los límites de θ son $47^\circ,8$ y $48^\circ,2$; diferencia, $0^\circ,4$.

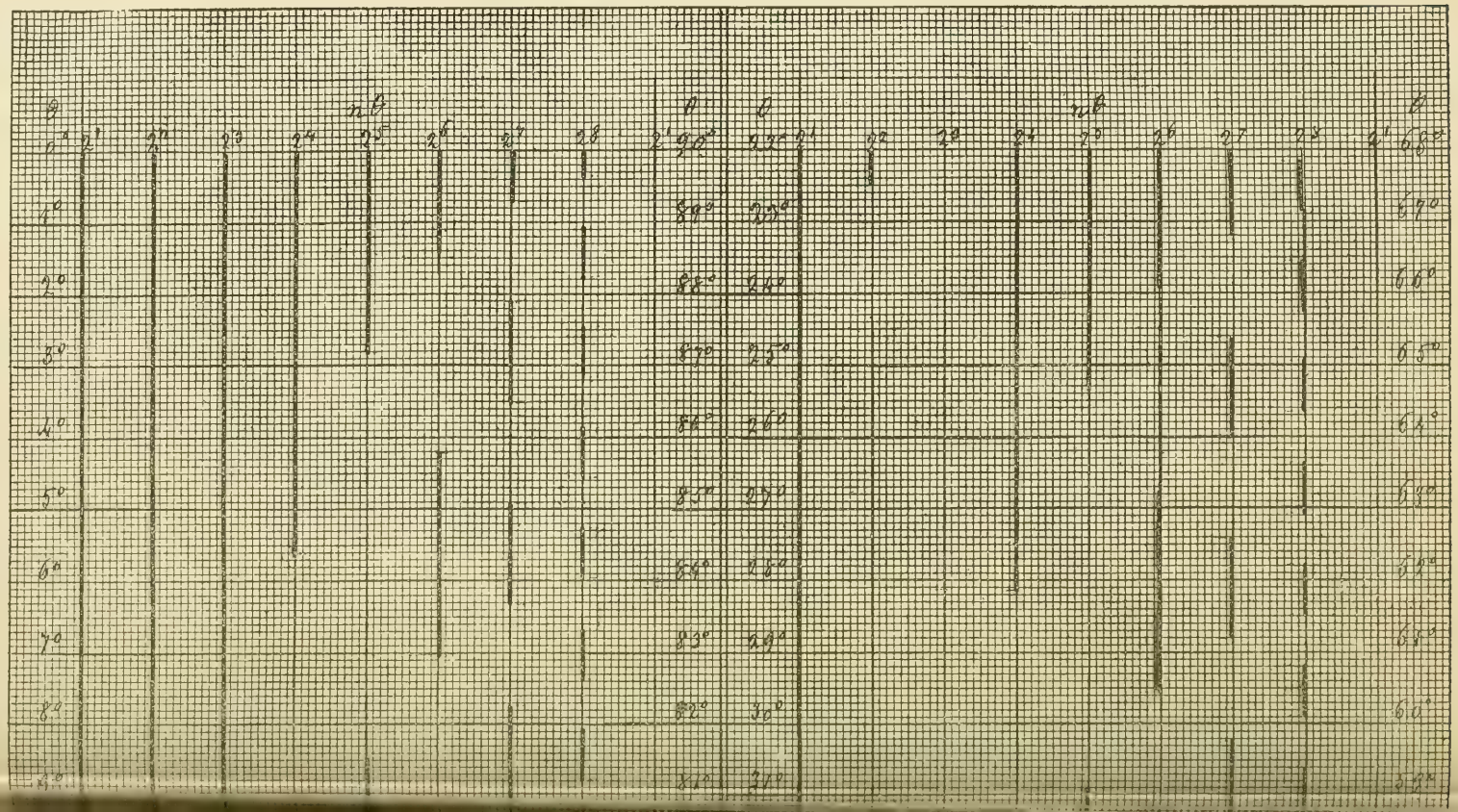
$\theta = 47^\circ,8$ da $\tau =$	$95^\circ,6$	$191^\circ,2$	$22^\circ,4$	$44^\circ,8$	$89^\circ,6$	$179^\circ,2$	$358^\circ,4$	$356^\circ,8$
con los signos	—	—	+	+	+	—	+	+

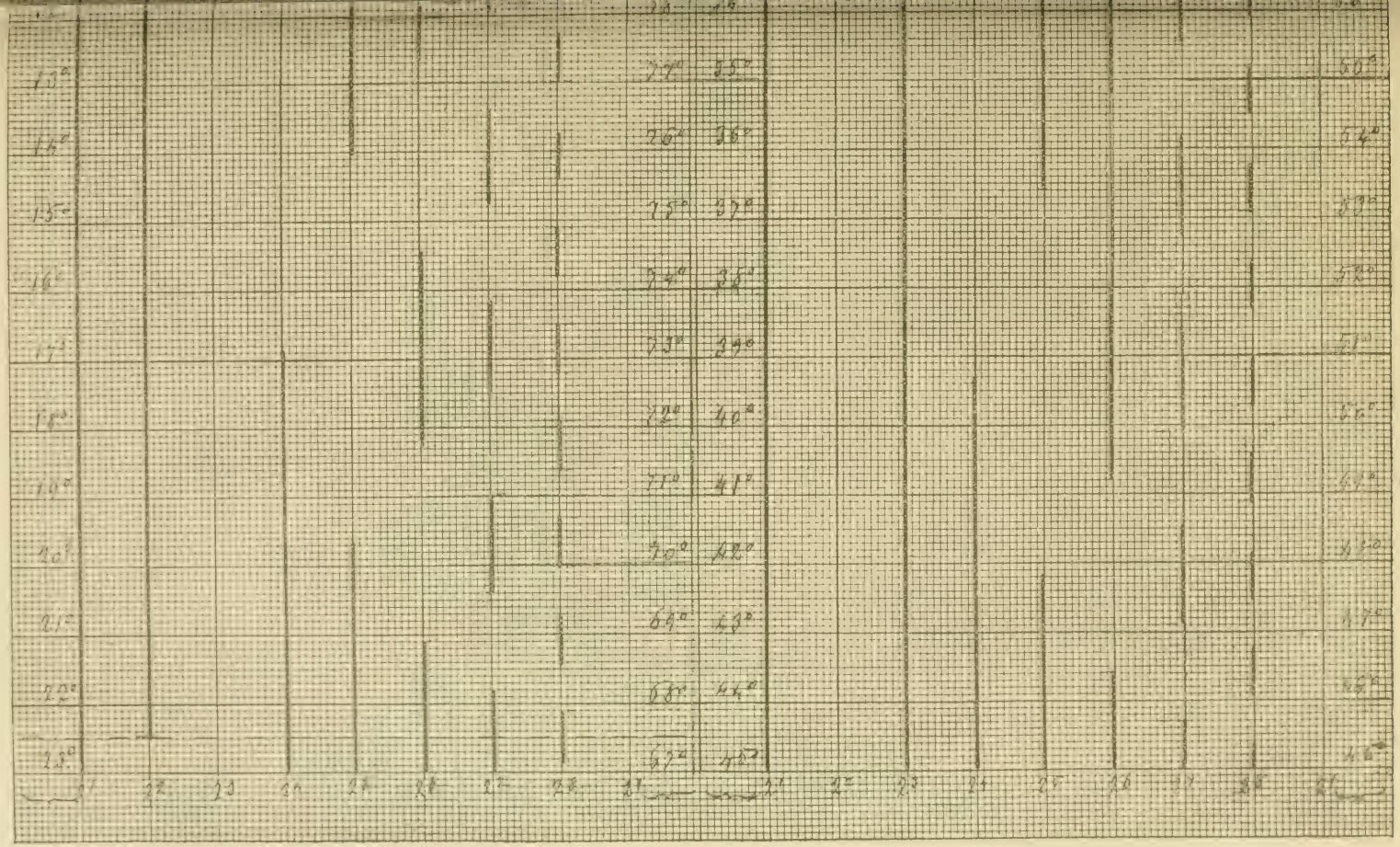
Obsérvese que en 2^7 ha cambiado el signo, y que el ángulo $89^\circ,6$ está cerca del punto crítico.

$\theta = 48^\circ,2$ da $\tau =$	$96^\circ,4$	$192^\circ,8$	$25^\circ,6$	$51^\circ,2$	$102^\circ,4$	$204^\circ,8$	$49^\circ,6$	$99^\circ,2$
con los signos	—	—	+	+	—	—	+	—

REPRESENTACIÓN GRAFICA

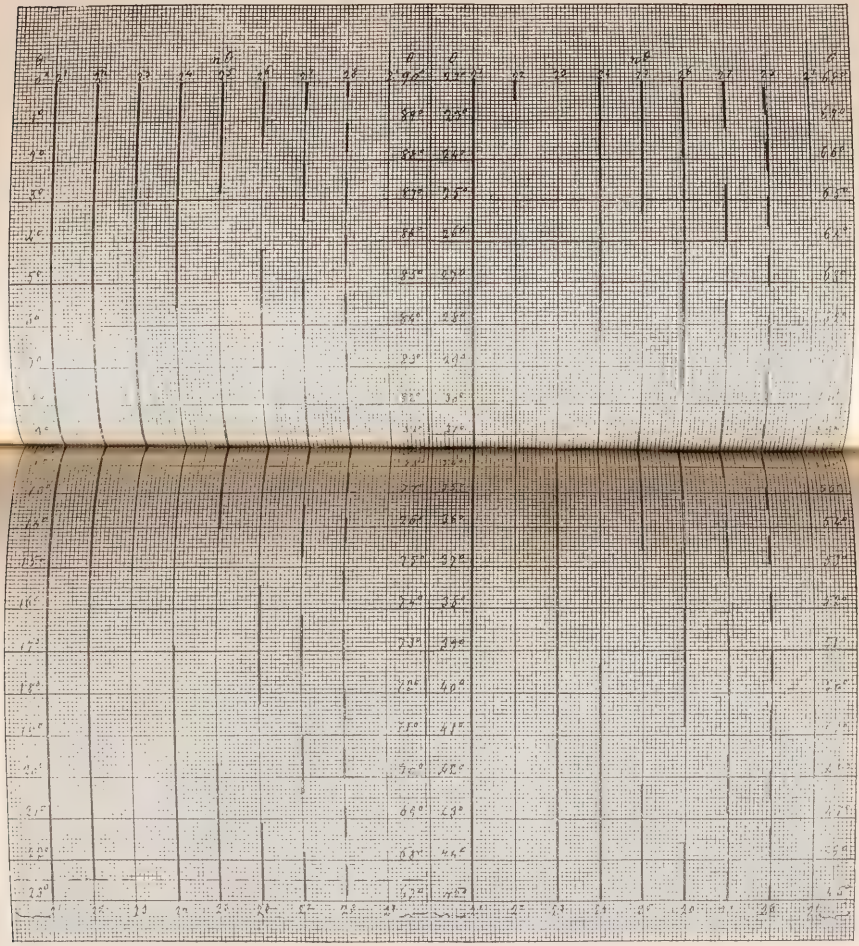
de los cambios de signo posibles en los términos de las ecuaciones transformadas que son función del argumento





REPRESENTACIÓN GRAFICA

de los cambios de signo posibles en los términos de las ecuaciones transformadas que son función del argumento



Ahora el último término difiere en signo, pero es que el ángulo ha pasado del punto crítico.

Si en este ejemplo la aproximación no excediese de la transformada 2^5, los valores límites de θ serían $47^0,8$ (como antes) y $50^0,6$, que difieren en $2^0,8$. De este modo será:

Para	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5
$\theta = 50^0,6$ da $\tau =$	$101^0,2$	$202^0,4$	$44^0,8$	$89^0,6$	$179^0,2$
con los signos	—	—	+	+	—

En este ejemplo el verdadero valor del argumento es $\theta = 47^0 52'$.

Para no molestar más a nuestros lectores, renunciamos a poner otros ejemplos que darían análogo resultado. Después de todo, la tarea no pasa de ser curiosa, sin que queramos darle otra importancia. Ojalá que de este rudimentario estudio pudiera alguien sacar resultados de más trascendencia, que abriesen algo más amplio en el campo de las ecuaciones algébricas.

***

Con esto damos fin a nuestra labor, pues no es probable, por nuestra avanzada edad y deficientes conocimientos, que podamos continuarla. Queda por averiguar la legitimidad del principio que nos ha servido para la fácil determinación de los argumentos de las raíces imaginarias. Falto de demostración sería en rigor un simple postulado, que parece debería entrar en el dominio del cálculo de probabilidades. Quizás fuera más útil para la teoría de ecuaciones ahondar en el estudio, aquí solamente iniciado, de los cambios de signo en los coeficientes de los términos de las transformadas que son función del argumento. Resta también ensayar dicho principio en el caso de que la ecuación que se trata de resolver tenga raíces iguales o casi iguales de cualquier género que sean; así como desenvolver la aplicación del método de Gräffe a las ecuaciones trascendentes y a otros problemas suscitados en el interesante folleto del señor Carvallo. Este y el libro del señor Merino deberán ser la base y el punto de partida de las investigaciones que en lo sucesivo se emprendan con el fin de facilitar y extender el uso del método incomparable del benemérito matemático suizo, hasta ahora indebidamente relegado al olvido.

Madrid, noviembre de 1918.

Teoremas nuevos

por

Nicolás de Ugarte

Durante el curso de 1907 a 1908 informó la Academia un escrito titulado EUTAXIA, debido a la pluma de *D. Manuel Herrera*, antiguo y estudioso oficial de Artillería, que no ha mucho murió en Barcelona. En él se comentaban algunas particularidades notadas por el autor en ciertos números decimales puestos en forma de fracción continua, y se llamaba la atención respecto a los dígitos 2, 3, 5 y sus potencias, en los cuales veía dicho señor algo así como intervención fatal en hechos salientes de la *Naturaleza*, en fenómenos del *Universo*.

A tales curiosidades no les concedió la Academia valor científico alguno, por resultar las primeras de arreglos no bien justificados y por ser posible demostrar que otros dígitos también, y sus potencias, tienen una intervención parecida en análogos fenómenos y hechos.

Contenía, sin embargo, el citado escrito, unos teoremas sobre límites, al parecer, nuevos. Creemos justo tributar al autor el homenaje consiguiente al mérito y prioridad de los mismos, dándolos a conocer. Con tal objeto, nos permitiremos recordar antes ciertos detalles y pormenores precisos sobre los números llamados poligonales, aunque sean bien conocidos.

Sabido es que desde muy antiguo se han prestado las progresiones aritméticas y geométricas para interesantes aplicaciones y curiosos problemas.

De las sumas de un número cualquiera de términos, a partir del primero, en las aritméticas, que comienzan por la *unidad*, nacieron los llamados números *poligonales*.

Si en una de esas progresiones se toman, desde el primero, n términos la suma S de los mismos, llamando r a la razón será:

$$S = \frac{n[2 + r(n - 1)]}{2} \qquad [1]$$

Cuando la progresión sea la serie natural de los números, esto es cuando $r = 1$

$$S = \frac{n(n+1)}{2}$$

En este caso, cualquiera que sea n, S resultará tal, que podrá siempre ser *figurado* el número entero que representa, por un triángulo equilátero de base n. En efecto, con S objetos iguales o círculos pequeños, puntos, por ejemplo, distribuídos convenientemente por igual, poniendo encima de la fila de n puntos, que representa la base, otras filas de $(n-1)$, $(n-2)$, ..., hasta 1 que será el vértice, quedará formado dicho triángulo. Por esto, a esos valores de S. se les ha llamado *triangulares*. Uno cualquiera le representaremos por T su inicial.

Análogamente, tomando otras progresiones *aritméticas*, que también principien por la unidad, pero cuya razón sea: 2, 3, 4, etc., se engendrarán otras sumas S, con que se podrán figurar: *cuadrados*, *pentágonos*, *exagonos* etc., que podemos representar también por su inicial: C, P, E, etc.

En efecto: haciendo $r = 2$, la fórmula [1] se convierte en

$$S = C = n^2$$

que da los números que pueden figurarse por *cuadrados*.

Haciendo $r = 3$, tendremos los números *pentagonales*

$$S = P = \frac{(3n-1)n}{2}.$$

Sin más que hacer en ésta, $n = 2$, ya se ve que resulta $P = 5$, que podrán figurar el *pentágono* regular; los demás pentágonos resultarán, agrupando los puntos, en *polígonos regulares* que rodean al primero y espaciándolos sobre los lados con equidistancias, como las del central. Lo mismo se puede decir de los demás.

Se puede transformar la fórmula [1] para que entre en ella de un modo general el orden o *número* de lados de los polígonos que deba engendrar. Bastará que, si llamamos m a ese número de lados, pongamos en aquélla en vez de r, $m - 2$. Así tendremos:

$$S = \frac{[2 + (m-2)(n-1)]n}{2} = \frac{(m-2)n^2 - (m-4)n}{2}.$$

* * *

Vamos ahora a los teoremas citados, que se refieren a límites hallados

por el autor para relaciones entre ciertos números T entre sí, y análogamente entre los P.

Dijimos que

$$T = \frac{n(n+1)}{2}.$$

Puesto que este número será entero, porque n o $n+1$ es par, llamemos p la mitad del que lo sea

$$T = p(2p \pm 1).$$

Cuando T sea un *cuadrado*, p y $2p \pm 1$, también lo serán, ya que son primos entre sí.

Hagamos $p = a^2$, $(2p \pm 1) = b^2$, esto es, $T = a^2 . b^2$ y $b^2 = 2a^2 \pm 1$.

De aquí $$\frac{b^2}{a^2} = 2 \pm \frac{1}{a^2}.$$

Si a crece indefinidamente... $\frac{b}{a}$ tiende a $\sqrt{2}$.

Si tenemos otro T′ que también sea un *cuadrado*, que como antes será c^2d^2, siendo $d^2 = 2c^2 \pm 1$, los números d y c son tales que resultarán haciendo

$$c = a + b$$
$$d = 2a + b$$

o bien

$$c^2 = a^2 + 2ab + b^2$$
$$d^2 = 4a^2 + 4ab + b^2$$

por consiguiente $d^2 - 2c^2 = 2a^2 - b^2 = \mp 1$.

$$\frac{T'}{T} = \frac{c^2d^2}{a^2b^2}; \frac{cd}{ab} = \frac{(a+b)(2a+b)}{ab} = \frac{2a}{b} + 3 + \frac{b}{a},$$

poniendo por $\frac{b}{a}$ su límite, tendremos que

$$\text{lím} \sqrt{\frac{T'}{T}} = 3 + 2\sqrt{2}.$$

Luego lím $\sqrt{\frac{T'}{T}}$, con las circunstancias y condiciones sentadas, es una de las raíces de la ecuación de segundo grado:

$$x^2 - 6x + 1 = 0.$$

* * *

Consideremos ahora un número *pentagonal:*

$$P = \frac{n(3n - 1)}{2}.$$

Si P es un cuadrado perfecto, se podrá representar por a^2b^2, suponiendo que $n = a^2$, y que $\frac{3n - 1}{2} = b^2$, (1), o bien $\frac{3a^2 - 1}{2} = b^2$, $3a^2 - 2b^2 = 1$, esto es:

$$\frac{b^2}{a^2} = \frac{3}{2} - \frac{1}{2a^2}.$$

Creciendo a ilimitadamente,

$$\text{lím}\ \frac{b}{a} = \sqrt{\frac{3}{2}}.$$

Otro pentagonal P′, también cuadrado, será $P' = c^2d^2$, pudiéndose deducir c, d de los a, b, haciendo $c = 5a + 4b$, $d = 6a + 5b$, porque

$$c^2 = 25a^2 + 40ab + 16b^2$$
$$d^2 = 36a^2 + 60ab + 25b^2$$

de las que se deduce

$$3c^2 - 2d^2 = 3a^2 - 2b^2 = 1$$

luego

$$\frac{P'}{P} = \frac{c^2d^2}{a^2b^2};\ \frac{cd}{ab} = \frac{(5a + 4b)(6a + 5b)}{ab} = 30\frac{a}{b} + 49 + 20\frac{b}{a}.$$

Si en esta se pone por $\frac{b}{a}$, su límite, se tendrá que

$$\text{lím}\sqrt{\frac{P'}{P}} = 49 + 20\sqrt{6}.$$

Podemos pues decir que con las condiciones sentadas, $\text{lím}\sqrt{\frac{P'}{P}}$ es una raíz de la ecuación de segundo grado

$$x^2 - 98x + 1 = x.$$

(1) Repárese que el autor no ha querido considerar el caso de ser $\frac{n}{2} = a^2$, $(3n - 1) = b^2$ que no se presta como el otro a su objeto.

Don Eduardo Torroja

por

Miguel Vegas

La demoladora y despiadada mano de la muerte ha venido a herirnos en el corazón de la ciencia matemática española, al arrebatar, cruel e insaciable, al que era honra y prez, orgullo legítimo de la Universidad y de de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, al gran geómetra e insigne maestro, al piadoso y virtuosísimo don Eduardo Torroja y Caballé. Porque eran tan altos los prestigios de su sabiduría y de su ciencia, tan pasmosas su cultura y erudición, tan excepcional su inteligencia privilegiada, tan ejemplares y relevantes sus virtudes cristianas, en suma, tan sobresalientes las cualidades y tan grandes los merecimientos que concurrían en su persona, que bien puede considerarse como estrella de primera magnitud en el hermoso cielo de la ciencia geométrica española, en la que gozaba de una autoridad indiscutible.

El ilustrísimo señor don Eduardo Torroja y Caballé nació en Tarragona, el día 1.° de febrero de 1847, siendo sus padres el distinguido catedrático de Geografía e Historia del Instituto de segunda enseñanza de aquella ciudad, don Juan Torroja, y la virtuosa señora doña Josefa Caballé. Obtenido el título de Bachiller en el citado Instituto, con la calificación de sobresaliente, en 21 de junio de 1861, se hizo perito agrónomo al año siguiente en Barcelona; en el año 1864 obtuvo en la Universidad Central título de Bachiller en Ciencias, y en 15 de junio de 1866, el de Licenciado en Ciencias Exactas, con la calificación de sobresaliente; en 9 de octubre de 1869 terminó la carrera de Arquitectura en la Escuela Superior de Madrid, con tanto aprovechamiento, que en 4 de mayo de 1871 y 1.° de mayo de 1872, el claustro de profesores de esta Escuela le nombro Jurado, extraño al profesorado, para las asignaturas de Mecánica aplicada, Topografía y Mineralogía. Fué auxiliar de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central desde 1.° de diciembre de 1868 al 4 de octubre de 1869, habiendo obtenido, por oposición, una plaza de ayudante del Ob-

servatorio Astronómico en 3 de julio del mismo año. A propuesta del claustro de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central fué nombrado, en 5 de octubre de 1869, sustituto de la asignatura de Geometría descriptiva de la citada Facultad, cargo que desempeñó hasta el 14 de abril de 1874, en que pasó a ocupar, mediante una lucida oposición, la cátedra de Complementos de Algebra, Geometría, Trigonometría y Geometría analítica de la Universidad de Valencia.

No se aquietó su espíritu al llegar, en edad temprana, a ocupar un puesto en el grado supremo de la enseñanza; sus aficiones a la Geometría, manifestadas ya en el notable discurso de apertura de la Universidad valentina en el curso de 1875 a 1876, sobre el tema «Correlación íntima de todas las Ciencias y necesidad para el dominio de todas del estudio de las Matemáticas», le impulsaron a efectuar las oposiciones a la cátedra de Geometría descriptiva de la Universidad Central, cátedra que obtuvo, tras de brillantes ejercicios, en 29 de enero de 1876, y que con tanta maestría y competencia desempeñó hasta que, víctima de cruel enfermedad, se vió precisado a pedir la jubilación en 1916.

Al reorganizarse las Facultades de Ciencias, en 1900, fué encargado de la cátedra de Estudios Superiores de Geometría, que desempeñó hasta 1911.

De su labor científica, de sus trabajos en el campo de la Geometría, en que era maestro eminente, puede formarse idea con la siguiente relación de las principales de sus publicaciones:

«Axonometría o Perspectiva Axonométrica.»—Madrid, 1879.

«Resumen de algunas lecciones de Geometría descriptiva», explicadas en la Universidad Central en el curso de 1879 a 1880.

«Programa y resumen de las lecciones de Geometría descriptiva», tomo I.—Madrid, 1884.

«Breves nociones sobre los Determinantes y su aplicación a la resolución de los sistemas de ecuaciones de primer grado.»—Madrid, 1884.

«Tratado de la Geometría de la Posición y sus aplicaciones a la Geometría de la Medida.»—Madrid, 1899.

«Teoría geométrica de las líneas alabeadas y superficies desarrollables.»—Madrid, 1904.

«Discurso de apertura de la Universidad de Valencia en el curso de 1875 a 1876.»

«Discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales sobre el tema: Reseña de los medios empleados por la Geometría pura para alcanzar el grado de generalidad y de simplificación que la distingue de la Geometría antigua.»

«Contestación al discurso de entrada, en la misma Real Academia, de don Miguel Vegas, acerca del tema: El imaginarismo en la Geometría».

«Nota relativa a la perpendicularidad de rectas y planos», publicada en *El Progreso Matemático,* tomo II, año 1892, pág. 108.

«Curvatura de las líneas en sus puntos del infinito», publicado en la misma revista, tomo IV, año 1894, pág. 177.

«Demostración de las relaciones más importantes entre los elementos de un triángulo esférico», publicado en la *Revista de la Sociedad de Profesores de Ciencias.*—Madrid, 20 de abril de 1876.

«Relación entre los elementos de segundo orden de las secciones producidas en una superficie por planos que pasan por uno de sus puntos de infinito: Progreso matemático», tomo V, año 1895, págs. 89 y 111.

«Superficies helicoidales», publicado en la *Revista de la Sociedad Matemática Española*, tomo I, año 1912, págs. 197, 243 y 353; y tomo II, págs. 12 y 39.

«Aplicación de la homografía y correlación al estudio de las superficies». Memoria leída en la sesión del 24 de octubre de 1908 del Congreso de Zaragoza de la Asociación Española para el progreso de las Ciencias.

Pero la labor más meritoria del señor Torroja consiste en haber sido el iniciador y propulsor de la moderna tendencia en orden a la Geometría, habiendo conseguido, mediante sus constantes y reiterados esfuerzos, transformar de una manera profunda el modo de ser de la ciencia del espacio en España. Comprendiendo, en efecto, el vacío que existe entre la hipótesis y la solución de un problema geométrico cuando se emplean los procedimientos algébricos como medio de resolución, al no traducir al lenguaje geométrico las operaciones analíticas intermedias; y partidario decidido de demostrar las propiedades puramente descriptivas con total independencia de la noción de medida, acomete con denuedo el insigne catedrático de la Universidad Central la obra renovadora que concibiera, pasando de los procedimientos de Monge al empleo de los recursos que la homografía y la dualidad proporcionan, y que ya habían pasado la frontera por conducto de la obra magistral de Chasles, para terminar en los puramente geométricos que introduce, siguiendo al eminente Staudt en su importantísima obra *Geometrie der Lage.* En el curso 1884 a 1885, el señor Torroja explica su primer curso de Geometría descriptiva, tal como lo había concebido y como demandaban de consuno el carácter de los estudios propios de la Facultad de Ciencias y las prerrogativas de esta rama geométrica, que él consideraba dominada excesivamente por el análisis. Orientada, en este sentido, está su importante obra «Resumen de las lecciones de Geometría descriptiva explicadas en la Universidad Cen-

tral», primer tomo autografiado, en el que el insigne maestro expone, con una concisión admirable, las nociones fundamentales de la Geometría de la posición y sus aplicaciones a los diferentes sistemas de representación. Y marcada ya la ruta, explica en los cursos siguientes las teorías más variadas acerca de las líneas y superficies.

Merced a las constantes exhortaciones de los que apreciaban el valor incalculable del señor Torroja, pudo vencerse su excesiva modestia, y, en 1899, publicó el *Tratado de la Geometría de la Posición y sus aplicaciones a la Geometría de la Medida*, que tiene una extraordinaria importancia científica y un alto valor pedagógico. En efecto: el método de exposición más lógico hubiera sido exponer las teorías de la homografía, correlación e involución, ejes fundamentales alrededor de los cuales se agrupan las diversas teorías geométricas, para deducir de ellas las propiedades métricas, como son las relativas a la circunferencia, esfera, centros, ejes, planos principales, focos, etc. Mas este método, recomendable para los que conocen la Geometría, hubiera hecho muy difícil la difusión de los conocimientos geométricos, uno de los objetos de la obra mencionada.

Por otra parte, resolviendo los problemas relativos a las figuras proyectivas de primera categoría, aparecen los de las figuras planas y radiadas de segundo orden con gran naturalidad y sencillez, permitiendo exponer, de un modo completo, los sistemas en involución, así como la bella teoría de los elementos imaginarios, concepción verdaderamente genial de los eminentes profesores de la Universidad de Erlangen Paulus y Staudt, y que basta por sí sola para que figuren los dos profesores bávaros entre los geómetras más eminentes. En la obra del señor Torroja, las propiedades métricas se exponen al lado de sus correspondientes proyectivas, agrupándose las que presentan gran analogía, aunque pertenezcan a figuras de categoría diferente. En fin: las propiedades más culminantes de los haces, redes y complejos de figuras de segundo orden se exponen con rigor y claridad, así como la teoría de las transformaciones cuadráticas, de importancia indudable, tanto en la teoría de la proyectividad y antiproyectividad compleja, como en las llamadas geometrías del triángulo y del tetraedro.

Otra de las obras importantes, legada a la posteridad por el insigne profesor español, es la *Teoría geométrica de las líneas y superficies desarrollables*, cuya trascendencia está a la vista, habida cuenta de ser la primera en España que se ha escrito sobre la materia, utilizando como medio expositivo los recursos de la Geometría pura.

En ella se estudian magistralmente los elementos de detención y de retroceso de las líneas hasta llegar a la notable regla de los signos de

Staudt, aplicándose después estas propiedades al estudio de líneas y superficies especiales, y aun al de algunas líneas planas como proyecciones de otras alabeadas. Y como uno de los medios de determinar líneas y superficies desarrollables consiste en considerar las primeras como intersección de dos superficies, y las segundas como envolventes de los planos tangentes a otras dos superficies, el insigne profesor de la Universidad de Madrid estudia con toda generalidad estos dos problemas correlativos, llegando hasta los elementos de segundo orden, es decir, la curvatura, capítulo de verdadera originalidad, ejemplo de lo que puede obtenerse poniendo una ciencia cualquiera al servicio de una inteligencia y un espíritu vigorosos.

Si importante es la figura del señor Torroja en el terreno científico, no lo es menos en el pedagógico. Su método de enseñanza era verdaderamente admirable. Explicaba la parte general de una teoría, la aplicaba a un caso particular, y hacía que los alumnos la aplicasen por ellos mismos a otros; él proponía cuestiones que éstos habían de razonar y resolver bajo su dirección; de este modo hacía de cada alumno un verdadero inventor. En el primer curso que explicó la Geometría de la Posición, como preliminar a la Geometría Descriptiva, tuve yo la fortuna de estudiar con el insigne maestro; y debo confesar que, en los primeros momentos, la grandiosa generalización de los conceptos fundamentales, la simplicidad y elegancia de las demostraciones, junto con la sorprendente claridad con que el gran sabio español exponía las diversas teorías, me produjeron una impresión tan profunda como placentera; y ejercieron sobre mí una atracción tan intensa, que seguí de cerca los trabajos que en el campo geométrico realizara el señor Torroja, uniéndome a él con los lazos de una estrecha amistad, que sólo ha podido romper el brazo exterminador de la muerte.

Han sido tan intensos los trabajos científicos y pedagógicos del llorado maestro, que su nombre va unido al período de resurgimiento de la Matemática en nuestra patria; y consiguiendo que sus esfuerzos encontrasen eco entre sus discípulos y admiradores, fundó una escuela de geómetras.

Su bondad y su modestia excesiva, si exceso cabe en la práctica de esta virtud, vibraban al unísono con su ciencia y con su pericia en el difícil arte de enseñar; de sus labios brotaba espontáneamente el elogio, que a nadie regateaba, guardando la severidad para sí propio; condición exclusiva de los espíritus superiores.

Por su ciencia fué llevado a ocupar un puesto en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y después al Consejo de Instrucción Pública. Hombres como él no debieran morir nunca, pues su desaparición nos produce dolor indecible y pena imponderable. Con su muer-

te, la Patria, la Ciencia y la Academia, han perdido un varón eminente, un verdadero sabio; la Universidad, un eximio maestro; el catolicismo, un santo.

A él pueden aplicarse los conocidos cuanto inspirados versos de Jorge Manrique:

No se os faga tan amarga
la batalla temerosa
que esperáis,
pues que otra vida más larga
de fama tan gloriosa
acá dejáis.

Estudio de los caracteres métricos y morfológicos del cuerpo de los peces

por

Luis Lozano y Rey

(Conclusión) (1)

III

Gráficas y perfiles que pueden obtenerse de los peces para la distinción específica, sexual o de edad de los mismos.—La simple comparación de las longitudes de las partes o regiones del cuerpo de los peces, seleccionadas al efecto, suministran corrientemente datos del mayor interés para la distinción específica, y a veces de la edad, y hasta del sexo de los mismos.

Así, una supuesta especie A, caracterizada por tener la altura máxima del cuerpo igual a 0,20 de la longitud total, podrá diferenciarse de otra especie B por tener ésta la altura del cuerpo igual a 0,25 de la longitud máxima del mismo.

Podría expresarse la relación existente entre ambas magnitudes elegidas representando, por ejemplo, la longitud del cuerpo por una línea horizontal considerada como unidad de la medida, y la altura del cuerpo por una vertical levantada en uno de los extremos de la horizontal, y cuya longitud fuese la fracción de esa horizontal que se determina en la relación numérica.

Así, en los ejemplos propuestos, la diferencia específica, ya patente por la relación numérica, podría expresarse para la especie A por la gráfica de la fig. 1, en la que *ab* representa la altura del cuerpo, y *bc* la longitud del mismo, estando la longitud de ambas líneas en la relación

(1) Las dos primeras partes de este trabajo se publicaron en la *Rev. de la R. Acad. de Cienc. Exact. Fís. y Nat.* de Madrid, t. XVII (2.º de la segunda serie) págs. 9-39, 1918.

de 0.20 a 1, o sea de $^1/_5$ a la unidad; y para la especie B. por la gráfica de la fig. 2, en la que $a'b'$, o altura del cuerpo, es, respecto de $b'c'$, o longitud del mismo, lo que $^1/_4$ es a la unidad.

Si en ambas gráficas hacemos que las líneas bc y $b'c'$ sean de magni-

Fig. 1.

Gráfica de la especie A. ab, altura del cuerpo; bc, longitud total del mismo. $ab = \frac{bc}{5}$

tud igual, la diferencia específica será apreciada por la distinta longitud de las líneas ab y $a'b'$.

Estas gráficas son, realmente, innecesarias en un caso tan sencillo como éste, pues la relación numérica existente entre las longitudes comparadas pone en evidencia, desde luego, las diferencias de que se trata.

Pero puede darse el caso, como ocurre corrientemente, de que, además de existir diferencias fundadas en la distinta proporcionalidad apre-

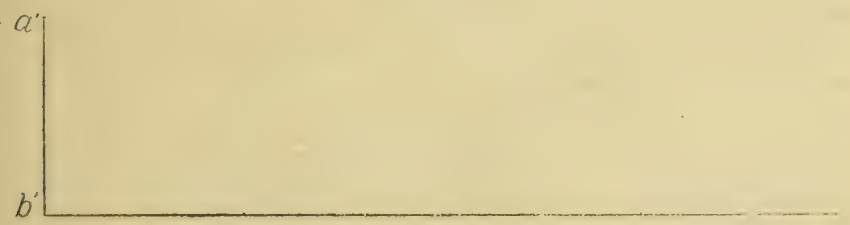


Fig. 2.

Gráfica de la especie B. $a'b'$, altura del cuerpo; $b'c'$, longitud total del mismo. $a'b' = \frac{b'c'}{4}$

ciable entre magnitudes dadas, puedan encontrarse distinciones respecto de la posición relativa de las líneas según las cuales esas dimensiones son medidas, o también de la situación particular de cualquiera otra línea o punto del cuerpo del pez.

Fijándonos en los ejemplos propuestos, podrá ocurrir que, en el caso A, la altura máxima del cuerpo corresponda a una vertical situada entre el segundo y tercer quinto de la longitud total (medida sobre el eje longitudidinal del cuerpo), y que ella misma sea cortada por la línea de dicha longi-

tud en dos partes iguales, en cuyo caso tendremos la gráfica de la fig. 3:

Podemos suponer para el caso B, que la altura corte a la longitud en-

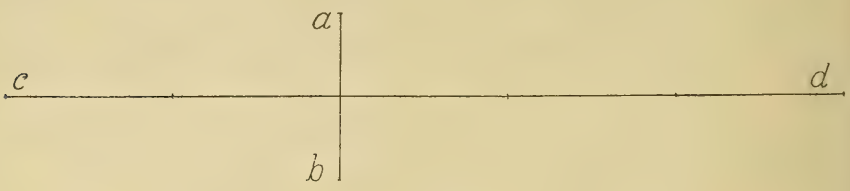


Fig. 3.

Gráfica de la especie A. *ab*, altura del cuerpo; *cd*, longitud total del mismo. $ab = \frac{c'd'}{5}$. La altura *ab* corta a la línea de longitud total *cd* al nivel del origen del segundo tercio de ésta. La longitud total corta a la altura en dos partes iguales.

tre el primero y segundo cuarto, y que sea cortada por ella al nivel del origen de su tercio inferior, como se ve en la gráfica de la fig. 4.

Estas dos gráficas son, evidentemente, distintas, no sólo unificando las longitudes, sino aunque fueran iguales las alturas. Se obtienen, pues, diferencias de *posición de líneas* y *de puntos*, que se añaden a las

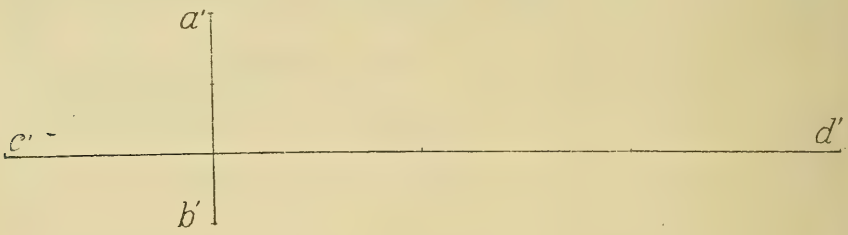


Fig. 4.

Gráfica de la especie B. *a'b'*, altura del cuerpo; *c'd'*, longitud total del mismo. $a'b' = \frac{cd}{4}$. La altura *a'b'* corta a la línea de longitud *c'd'* al nivel del origen del segundo cuarto de ésta. La longitud *c'd'* corta a la altura *a'b'* al nivel del origen del tercio inferior de ésta.

de proporcionalidad numérica y que constituyen base de distinción notable hasta en el caso de que las diferencias de proporcionalidad puramente numéricas no existan entre las longitudes de las líneas homólogas comparadas.

Claro es que las gráficas pueden ser mucho más complejas si se construyen, teniendo en cuenta las distintas líneas que son susceptibles de medida y de comparación, así como la posición de otras líneas y puntos característicos.

Cuantos más elementos entren en la formación de las gráficas, tanto más fácil será apreciar en ellas diferencias al compararlas entre sí.

No obstante, será preferible formar las gráficas a base de un corto número de líneas características cuidadosamente seleccionadas, para obtener la máxima diferenciación. De ese modo se obtendrán gráficas más sencillas, de trazado más rápido y de examen más fácil.

Siempre que sea posible obtener gráficas, dibujos o perfiles de peces vistos del mismo lado y en la misma posición, podrán compararse entre sí fácilmente; sobre todo si esas copias se reducen a igual longitud total.

El perfil del pez y los de sus elementos morfológicos principales, como los ojos, opérculo, aletas, etc., sustituyen a la gráfica; pero ésta tiene la ventaja de que hace resaltar las diferencias que en un perfil o dibujo esquemático pueden ser menos distinguibles, por figurar en él, también patentes, los caracteres comunes, enmascarando a aquéllas.

No todas las especies son susceptibles de ser reducidas a una gráfica inmutable que las caracterice. Esta gráfica puede no ser absolutamente invariable, pues sus elementos fluctúan entre límites dados, los que consiente la especie, siendo esas variaciones la expresión de las diferencias individuales, de raza o subespecie, de variedad, de sexo o de edad.

Es preciso, por lo tanto, para descubrir la verdadera expresión gráfica de una especie, hacer el análisis y la síntesis de las gráficas que se obtengan de un número prudencial de individuos pertenecientes a la especie en cuestión, de edades y sexos diferentes, y de razas y variedades distintas. Ya se sabe que la distinción satisfactoria de las especies ha de radicar en esos sólidos fundamentos de los estudios parciales de las variaciones que por todos conceptos puedan ofrecer los individuos que la componen.

La gráfica específica no será por esto una expresión invariable, sino que tendrá una cierta amplitud. Se podrá, en efecto, elegir, entre sus distintas formas posibles, una que sea el término medio de todas ellas, con lo que se obtendrán ventajas de aplicación en muchos casos; pero en otros será necesario utilizar las gráficas que más se alejen del tipo medio o normal, para ver si en ellas están o no comprendidos individuos no lejanos de las fronteras de la especie.

A veces sucede que, entre las distintas modalidades que puede ofrecer la gráfica de una especie, se encuentra alguna que es muy parecida, y hasta igual, a alguna otra ofrecida por especie distinta.

Hay que proceder con cautela ante caso semejante, porque la coincidencia de gráficas pudiera ser motivada por la realidad de tratarse de dos especies mal descritas, que deban reunirse en una sola.

Pero otras veces la coincidencia de gráficas no es prueba de unidad específica, aunque siempre denuncie un cercano parentesco. Así, puede ocurrir que en el proceso del desarrollo de los individuos de especies pró-

ximas haya fases muy parecidas que puedan ser indistinguibles por medio gráfico; observándose, de acuerdo con esta circunstancia, el hecho de que los caracteres diferenciales existentes entre dos especies afines, más o menos patentes en la edad adulta, son tanto menos apreciables cuanto más jóvenes son los individuos en que se trata de descubrirlos; y como en algunas especies persisten en la edad adulta los caracteres de la edad de juventud, se dará el caso de que la gráfica de su adulto se parezca y hasta coincida con la del joven de la otra especie.

A veces la igualdad de las gráficas entre dos especies no está motivada por coincidencia de caracteres existentes en el período de juventud de los individuos comparados, sino porque esos caracteres de identidad se manifiesten en una fase ulterior del desarrollo individual.

Recurriendo de nuevo a nuestros ejemplos propuestos, podemos suponer que representan individuos jóvenes con las proporciones de longitud y altura del cuerpo que expresan sus respectivas gráficas: A, cuya altura es $^1/_5$ de su longitud total, y B, cuya altura es sólo $^1/_4$ de esa longitud. A partir de esta fase, en que ambas especies difieren evidentemente, puede suceder que la especie A evolucione en el sentido de que su altura crezca proporcionalmente más que la longitud total, y que en la especie B ese crecimiento sea proporcionalmente menor. Podrá producirse, en definitiva, el hecho de que en los adultos se hayan sustituído las fórmulas gráficas, y que en A la altura sea $^1/_4$ de la longitud total, mientras que en B sea sólo $^1/_5$. Evidentemente habrá un período para ambas especies en que ofrezcan una gráfica igual, con la altura dicha mayor que $^1/_5$ y menor que $^1/_4$ de la longitud citada. En ese período serán ambas especies indistinguibles por la gráfica construída a base de esas dimensiones o líneas; y puesto que el adulto de la una se parece o coincide por su gráfica con el joven de la otra, será preciso conocer las edades respectivas de los individuos comparados para descubrir la especie a que pertenecen.

El dimorfismo sexual, notable en algunas especies de peces, motiva una duplicidad de gráfica para las mismas. La gráfica del macho puede ser notablemente diferente de la de la hembra, hasta el punto de que sea difícil, y hasta imposible, el construir sus gráficas respectivas con elementos expresivos de la unidad específica, comportándose para los efectos de la distinción cada sexo como especie diferente. Esto, que parece un inconveniente, es, por el contrario, una ventaja; pues cada una de las gráficas facilita, por separado, no sólo la determinación de la especie, sino la del sexo.

Por el contrario, la unidad específica suele manifestarse a través de las gráficas representativas de las razas o subespecies que la componen,

o sea del conjunto de individuos de la misma especie, con caracteres comunes, transmisibles por herencia; o también de las variedades, o suma de individuos de una misma especie, que pueden pertenecer a razas diferentes y que ofrecen algún carácter notable común, no obligadamente transmisible por herencia, como el albinismo, etc. Algunos de estos caracteres, determinantes de la variedad, y quizás de la raza, son de tal naturaleza, que sólo pueden ser expresados en la gráfica de un modo convencional, como pasa con los que se refieren al color.

Deben descartarse — formando a lo más serie aparte, en que nos sea dado el previo conocimiento de la especie — las variedades más o menos anormales, obtenidas por selección artificial, que el hombre logra en diversas especies, como aquellas de coloración y de forma, hasta monstruosa, que se conocen del pez colorado común de los estanques de los jardines, o sea las variedades artificiales del *Cyprinus auratus*.

Las especies, dentro de los límites circunstanciales con que pueden ser admitidas por el naturalista prudente, pueden distinguirse por sus gráficas en la mayoría de los casos, si no en todos. Se trata sólo de descubrir con sagacidad los elementos gráficos necesarios para construirlas, y aun en el caso de que éstos sean insuficientes para su caracterización, siempre constituirán un auxiliar importantísimo, que servirá de complemento a los otros caracteres biológicos, paleontológicos o de otro orden que en la gráfica no puedan tener su expresión.

La eficacia absoluta de las gráficas no puede ser preconizada. Ellas no pueden ser consideradas infalibles para distinguir por sí solo, *en todos los casos*, las especies. Esto no puede conseguirse siempre que se utilice una sola categoría de caracteres, por sabiamente que ellos sean elegidos, porque cada especie, en definitiva, no puede definirse a satisfacción sino mediante el conocimiento complejo de su organismo, de las actividades de éste, de las relaciones con el medio, de su ontogenia y de su filogenia, si es posible.

Modo de obtener gráficas y perfiles del cuerpo de los peces

Como se ha visto, la gráfica se obtiene mediante la combinación de líneas de longitudes dadas y de puntos situados en posiciones determinadas. En definitiva, el problema de la construcción de una gráfica es el de situar puntos en el plano del dibujo con los datos obtenidos directamente en el cuerpo del pez sometido a estudio. Conocidos los puntos se determinan las líneas, y a base de los mismos se trazan las gráficas.

Es necesario, pues, saber cómo se pueden obtener en el pez esos datos, y cómo deben ser trasladados al plano del dibujo.

En primer lugar, el pez debe de ser colocado y orientado convenientemente.

Los peces suelen colocarse para este objeto en una de dos posiciones, según sean deprimidos o no lo sean.

Los peces de cuerpo deprimido, como las rayas y los rapes, deben situarse de modo que al mirarlos se vean por el dorso y con la cabeza dirigida hacia la izquierda o hacia arriba, si se cree más conveniente. La visual será perpendicular a los planos del pez llamados por nosotros planos horizontales.

Los peces de cuerpo no deprimido, que son la mayoría—entre los que están los de cuerpo comprimido, como la sardina, y los de cuerpo más o menos alargado, como la anguila—, deben colocarse de flanco, con el eje longitudinal paralelo a la línea que une los centros de nuestros ojos, con el plano de simetría del pez perpendicular a la visual y con la cabeza dirigida hacia nuestra izquierda.

A veces es conveniente colocar los peces de cuerpo deprimido o plano vistos por la superficie ventral del cuerpo, en las mismas condiciones que cuando se colocan para ser examinados por el dorso; es decir, con la cabeza hacia arriba y de modo que nuestra visual corte perpendicularmente a los planos horizontales del pez.

Esta colocación se usa cuando se trata de tener en cuenta, como caracteres distintivos, elementos morfológicos que en esta clase de peces suelen estar situados en el plano ventral, como la boca, aberturas nasales, etcétera.

Más raramente se sitúan los peces de frente, con la cabeza dirigida al observador, con el dorso hacia arriba y el vientre hacia abajo, y de modo que nuestra visual corte perpendicularmente a los planos transversales del cuerpo.

No hay necesidad de situar los peces sometidos a estudio en posiciones distintas de las indicadas, y generalmente se emplean sólo las dos primeras posiciones expuestas.

Una vez colocado el pez en la posición debida, sobre un tablero u otro plano de sustentación análogo, puede procederse a la medición del mismo y a determinar la posición de sus puntos o líneas características considerando a todo el pez proyectado perpendicularmente sobre un plano perpendicular a la línea de la visual, el cual será paralelo al plano sagital del cuerpo en los peces comprimidos y a los que hemos llamado planos horizontales en los peces deprimidos. De modo que no se ha de tener en

cuenta para las medidas el relieve de la superficie del cuerpo del pez, sino tan sólo la proyección del mismo sobre el plano mencionado.

Conseguido esto en la forma en que más adelante se expondrá, será fácil determinar la posición de cualquiera de los puntos proyectados del cuerpo del pez en el plano, refiriéndolos a dos rectas que se corten perpendicularmente, o sea a dos ejes coordenados.

Conocida la ordenada y la abscisa de los extremos de cada una de las rectas y la de cuantos puntos sean necesarios, se obtiene directamente una gráfica en la que las líneas tienen la misma longitud que muestran en el plano de proyección. Ya se ha dicho que la comparación de dos gráficas distintas debe hacerse, para su más fácil examen, igualando en ambas una dimensión característica, que debe ser la de la longitud total. Esto, naturalmente, se consigue aumentando o disminuyendo esa longitud de una de ellas lo que sea preciso para que se iguale a la otra, y dando a las restantes líneas de la gráfica modificada la longitud proporcional que les corresponda. Toda esa modificación puede obtenerse utilizando la regla de cálculo, o, simplemente, un pantógrafo.

Las gráficas son, por consiguiente, perfectamente comparables con cualquiera otra proyección sobre un plano del cuerpo de un pez, como las fotografías, grabados, dibujos, etc., con tal de que tales procedimientos de representación guarden las respectivas proporciones de las distintas partes del cuerpo y muestren al pez en igual posición.

Las buenas figuras de las obras ictiológicas suelen cumplir esas condiciones, y son perfectamente aprovechables, en la aplicación de nuestro sistema de gráficas, para el reconocimiento de las especies, y ellas mismas nos ofrecen los perfiles característicos y pueden servirnos para la obtención de las gráficas.

Ordinariamente se facilita el estudio de los peces obteniendo de ellos dibujos, fotografías u otras copias análogas.

Para la obtención de un dibujo es necesario, ante todo, poseer aptitudes artísticas que no todo el mundo tiene, y al utilizar los medios corrientes es preciso tomar numerosas medidas, que no siempre es fácil obtener con exactitud, para hacer sobre el papel la proyección vertical del cuerpo del pez en sus proporciones debidas.

Por medio de la fotografía, siempre que se utilicen objetivos aplanáticos y de gran profundidad de foco, se obtienen reproducciones de peces extremadamente satisfactorias y a la escala que se desee, sobre todo si se utilizan procedimientos y aparatos especiales, de los que más adelante pensamos hacer objeto de nuevo trabajo. Pero la fotografía requiere normalmente, no sólo un material especial que puede no estar a nuestra dis-

posición, sino condiciones de local, agua abundante y buena, etc., que no siempre se nos ofrecen, sobre todo en los puntos de recolección. Es, además, este procedimiento laborioso y costoso si se ha de aplicar a cuantos ejemplares se traten de estudiar.

Instalaciones de cámara oscura o de cámara clara, de que también pensamos ocuparnos, pueden dar resultados satisfactorios y rápidos para la obtención de gráficas y perfiles del cuerpo de los peces, con la gran facilidad de que el dibujo se puede lograr a la escala que se desee.

Pero a nosotros nos parece que las gráficas y perfiles pueden obtenerse con la mayor rapidez, exactitud y economía, por medio de aparatos especiales que describimos a continuación, y que, en caso necesario, sobre todo los de tamaño medio y pequeño, pueden ser utilizados en los puntos de recolección, especialmente en estaciones o laboratorios costeros o a bordo de las embarcaciones destinadas a la exploración.

Aparato para efectuar medidas y hacer gráficas del cuerpo de los peces a base de la obtención de datos numéricos

Consta de las siguientes partes esenciales (fig. 5):

Base a b c d.—Es la placa basal o gran tablero rectangular en donde se apoyan las restantes partes del aparato.

Platina porta ejemplar ABCD.—Es un tablero rectangular apaisado, en el que se fijan los ejemplares que se trata de medir.

Correderas.—Son dos: *LM* y *NN'* paralelas entre sí y a los lados largos de la platina, a la cual están contiguas, aunque en plano superior. Una de ellas, la *LM* está provista de una regla dividida *LL'*, en cuyo extremo de la izquierda está la división cero.

Regla vertical móvil FG.—Esta pieza resbala por su extremo inferior, excavado en caja, a lo largo de la corredera *LM*, a la cual siempre es perpendicular y avanza a modo de puente por encima de la platina hasta alcanzar a la corredera *NN'*, en la que se apoya. Una prolongación o índice *F'*, situado en el extremo *F* de la regla móvil, sirve de línea de referencia para conocer la posición exacta que esta regla ocupa sobre la escala dividida de la corredera *LM*. La regla móvil *FG* está también provista de una escala dividida, cuya división cero puede estar en el extremo inferior de la escala, o mejor, por lo que más adelante se dirá, en la parte media de la misma, contándose así unidades por encima y por debajo a partir del cero.

Carro de la aguja.—Es una pieza *X* que resbala a lo largo de la re-

gla móvil *FG* y que posee una punta *a* (que en el aparato es una aguja), destinada a señalar los puntos del cuerpo del pez que se mide. Además

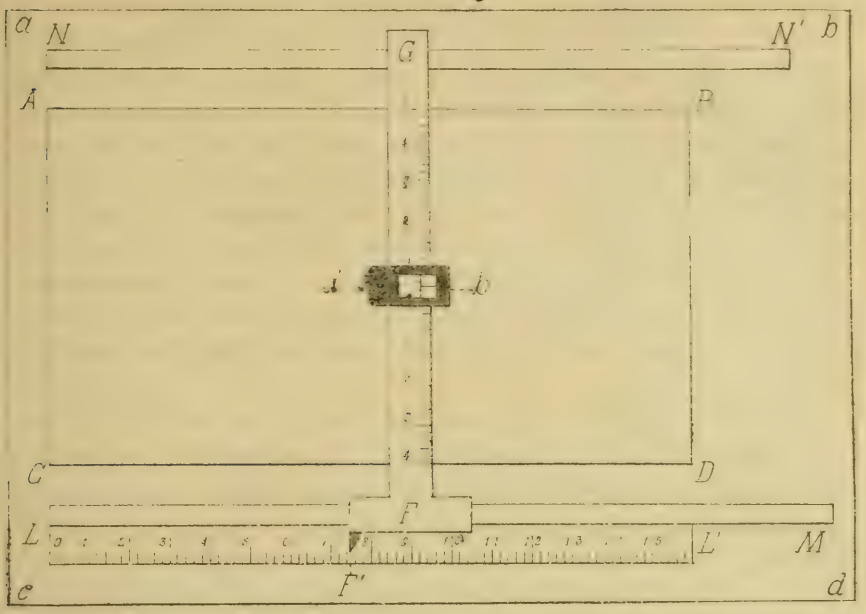


Fig. 5.

Esquema de un aparato destinado a efectuar medidas y a hacer gráficas del cuerpo de los peces a base de la obtención de datos numéricos.

abcd, placa basal o base del aparato.—*ABCD*, platina porta ejemplar.—*LM*, corredera horizontal principal.—*NN'*, corredera horizontal sencilla.—*LL'*, regla dividida adosada a la corredera *LM*.—*FG*, regla vertical móvil. Esta regla está provista de una escala dividida con el cero cerca de la parte media, contándose en la figura cinco unidades enteras hacia arriba y cuatro hacia abajo.—*F'*, índice unido a la base de la regla vertical *FG* y que sirve para determinar la posición de ésta sobre la escala o regla dividida de *LL'*.—*X*, carro de la aguja, que corre a lo largo de la regla vertical *FG*.—*a'*, punta del carro *X* donde se coloca la aguja destinada a señalar los puntos de la superficie del cuerpo del pez.—*b'*, trazo o índice que sirve para determinar la posición que ocupa el carro *x* sobre la escala dividida de la regla vertical *FG*.

tiene un índice o trazo *b* que está enfrente de la escala dividida de la regla móvil y que permite conocer la posición que ocupa en todo momento el carro de la aguja sobre esa regla.

Fácilmente se comprende que este índice podrá colocarse sobre cualquiera de los puntos de la platina—y, por lo tanto, sobre todos los del cuerpo del pez que se coloca en ella—, puesto que puede recorrer de arriba abajo (dirección de las ordenadas) toda la longitud de la regla graduada de la regla móvil *FG* y ser transportada por ésta de un lado a otro (direc-

ción de las abscisas), por todas las verticales que esa regla ocupa sobre la corredera milimetrada *LM*.

Aplicación del aparato descrito anteriormente

Para medir la longitud total de un pez, suponiendo colocado a éste sobre la platina con el eje longitudinal paralelo a la corredera milimetrada, bastará situar la punta *a* de la pieza *X* o carro de la aguja sobre el extremo anterior del pez y correr la regla móvil lo que sea preciso para que la citada punta quede colocada sobre el extremo posterior del ejemplar. El número de milímetros recorrido por la regla móvil sobre la corredera milimetrada *LM* será la longitud que hemos tratado de buscar. Es evidente que la operación se facilitará si hacemos que al señalar la punta *a* el extremo anterior del pez, esté la regla móvil sobre la corredera milimetrada en la posición cero.

Si se trata de obtener la altura máxima del cuerpo de un pez, se colocara la punta *a* del carro de la aguja sobre el extremo superior de la línea en que se mida esa distancia, y luego en el inferior. El número de milímetros recorridos por el carro sobre la regla móvil será la magnitud de la altura buscada.

Para determinar la posición de un punto cualquiera del cuerpo de un pez bastará, en fin, colocar la punta *a* del carro de la aguja sobre el punto de que se trata y leer el número que señala el índice del carro sobre la escala dividida de la regla móvil *FG*—suponiendo el cero en la parte inferior de la escala de esta regla—lo que nos dará el valor de la ordenada, y la que esta regla señala sobre la corredera milimetrada *LM*, lo que nos dará el valor de la abscisa.

Determinando la posición de los puntos, podemos obtener la posición de las líneas. Es decir, que no sólo logramos conocer las medidas de las longitudes y alturas del cuerpo de un pez, sino la posición de las líneas, según las cuales se miden esas longitudes y lo mismo la de cualquiera otra línea oblicua, lo que en definitiva nos facilita la construcción de las gráficas a que nos hemos referido anteriormente en este trabajo.

Si se trata sólo de las líneas longitudinales (eje longitudinal del cuerpo y líneas paralelas a él) y de las dorso-ventrales o alturas, como esas líneas son respectivamente paralelas al eje de las abscisas y al de las ordenadas, la situación y la longitud de las mismas podrá conocerse por las coordenadas de uno de sus extremos, y la ordenada o la abscisa del otro, según la línea de que se trate.

Así, para obtener el valor de la longitud del eje longitudinal y su posi-

ción respecto de los ejes coordenados, se obtendrá la posición de uno de los extremos del eje con arreglo a los del sistema de coordenadas, o sea por medio de la abscisa y la ordenada, mientras que la posición del otro extremo quedará fijada por el solo conocimiento de la abscisa, puesto que su ordenada tiene el mismo valor que la del otro extremo, por ser ese eje paralelo al de las abscisas.

Si reducimos a cero la abscisa del extremo anterior del eje longitudinal que se trata de situar y medir (resultado que se obtiene colocando el extremo anterior del ejemplar bajo la aguja del carro, cuando la regla móvil *LM* señala el cero en su escala graduada *LL'*), la abscisa del otro extremo nos dará directamente el valor de la longitud del eje y la ordenada la posición del mismo, lo cual puede expresarse así, llamando *ord.* y *abs.* respectivamente a la ordenada y a la abscisa, y *m* y *n* a sus correspondientes valores numéricos.

Eje longitudinal ..... *ord.* = *m.*, abs. = *n.*

Análogamente puede conocerse la medida y situación de las líneas de altura utilizando en éstas dos valores de ordenada y una de abscisa; pero no es posible en este caso reducir a cero el valor de una de las ordenadas, a no ser que se tome la precaución de poner el ejemplar con el extremo inferior de la línea de altura buscada al nivel del eje de abscisas, cosa que pudiera hacerse si se tratase de una sola línea de altura, lo que constituye una excepción, porque generalmente son varias las que entran en la composición de cada gráfica. Así la notación de una línea de altura, como la máxima, sería, suponiendo que ord' es la ordenada del extremo inferior de la línea en que se mide la altura, y que los valores de las respectivas coordenadas estén representados por *p, q* y *r:*

Altura máxima..... *abs.* = *p.*, *ord.* = *q.* y *ord'* = *r.*

Siendo *q* mayor que *r*, la medida de la altura máxima buscada será igual a $q - r$.

Valiéndose de los datos numéricos obtenidos se podrá construir la gráfica del pez en un papel, trazando previamente sobre éste dos líneas: una horizontal y otra vertical, que sirvan de ejes coordenados y refiriendo a ellos los valores obtenidos de las abscisas y ordenadas de los distintos puntos que sirven de base para la construcción de la gráfica. En este caso se opera sobre uno solo de los cuadrantes del sistema de coordenadas.

Sin embargo, es aún posible obtener notaciones numéricas más sencillas y expresivas, haciendo que la escala dividida de la regla móvil tenga

el cero en la mitad de su longitud, como se ve en la fig. 5, contándose a partir de él hacia arriba y hacia abajo las unidades de su división.

En este caso, los peces que se miden han de colocarse sobre la platina de modo que, cuando la aguja señale el extremo anterior del eje longitudinal del ejemplar, los índices del carro de la aguja y el de la regla móvil señalen el cero sobre sus respectivas escalas.

La diferencia respecto del caso anterior radica en que las medidas de las alturas ya no se hacen según líneas que sean ordenadas de uno solo de los cuadrantes de un sistema de coordenadas, sino de dos, puesto que el eje longitudinal coincide con el eje de las abscisas, y, por lo tanto, para situar puntos del cuerpo colocados sobre el nivel de dicho eje será preciso usar de ordenadas del cuadrante superior, así como lo serán del inferior las que se utilicen para determinar los puntos situados debajo.

La simplificación que así se logra consiste en que la posición del eje longitudinal es conocida desde luego sin el aportamiento de dato numérico alguno, puesto que tal eje coincide con el de las abscisas, y en cuanto a la longitud del mismo coincide con el valor de la abscisa de su extremo posterior.

En cuanto a las alturas, por quedar cada una dividida en dos partes por el eje longitudinal, que coincide con el de las abscisas, es preciso medir por separado los segmentos resultantes, y sumar después la longitud de ambos para obtener la magnitud de la altura.

Así, por ejemplo, los datos numéricos correspondientes a la gráfica de la fig. 4, podrían ser los siguientes, representando por *ord. s* la ordenada máxima del segmento superior de la altura máxima (la ordenada del punto *a)* y por *ord. i* la del segmento inferior de esa altura (la ordenada del puntp *b):*

Longitud total..... *abs.* = 120 mm.
Altura máxima..... *abs.* = 30 mm.; *ord.* s = 20 mm.; *ord. i* = 10 mm.

La suma en mm. de *ord. s* + *ord. i* será 20 + 10 = 30, o sea la magnitud de la altura.

Mediante esta notación de datos numéricos, no sólo nos es dado conocer la longitud de las líneas, sino que también podemos construir, a base de ellos, la gráfica morfológica del ejemplar sometido a estudio, procediendo del modo siguiente, suponiendo que aplicamos los datos del ejemplo anterior.

En un papel, cerca del borde de la izquierda, se traza una línea vertical (eje de las ordenadas), de cuyo punto medio se hace partir, hacia la derecha, una horizontal (eje de las abscisas).

Sobre el eje de las abscisas, a partir de cero, se mide una longitud igual a 120 mm. Así queda situado el eje longitudinal del cuerpo, y representado en su verdadera medida. Comenzando en el mismo origen cero se determina sobre el eje de abscisas, o sea sobre la línea horizontal que representa al eje longitudinal del pez, la posición del punto en que este eje es cortado por la línea en que se mide la altura máxima del cuerpo. Por el valor de 30 mm. de su abscisa determinamos la posición de ese punto, sobre el cual trazamos la vertical que contiene a la línea de la altura máxima que buscamos, y cuyos extremos superior e inferior se determinan por el valor respectivo de sus ordenadas de 20 mm. y de 10 mm. La medida de la altura máxima será, como se ha visto, 20 mm. + 10 mm. = 30 mm.

La adopción de este procedimiento último requiere, como condición indispensable, que se fije para cada especie, de un modo satisfactoriamente exacto, la posición del eje longitudinal del pez y la determinación de los extremos del mismo, con arreglo a lo expuesto en el capítulo II de este trabajo, y según las normas allí establecidas.

Las gráficas y dibujos de los peces, vistos de flanco, quedan divididas en dos partes por la línea del eje longitudinal: del cuerpo: una superior, que puede denominarse *área dorsal*, y otra inferior que recibirá el nombre de *área ventral*. Hay dos áreas dorsales: una de la derecha y otra de izquierda que, reunidas, deberán constituir la *zona dorsal*, como las áreas ventrales formarán la *zona ventral*. Las zonas dorsal y ventral no deben, por lo tanto, confundirse respectivamente con el *dorso* o *región dorsal* del cuerpo, y con el *vientre* o *región ventral* del mismo, porque las zonas están en contacto, según una línea (la de intersección entre la superficie del cuerpo y el plano horizontal principal, o sea al que contiene al eje longitudinal del pez), mientras que las regiones citadas están separadas entre sí por la amplia superficie de los *flancos* o *costados*, limitando con éstos, a su vez, por fronteras indecisas.

Las longitudes y gráficas que así se obtienen, reproducen exactamente las magnitudes reales de la proyección del cuerpo del pez y de las partes del mismo sobre el plano del dibujo; pero, frecuentemente, es necesario realizar ampliaciones o reducciones de esas longitudes, cosa sencillísima, que consiste en multiplicar o dividir por un mismo número todos los datos obtenidos directamente con el aparato sobre el ejemplar.

Así, para comparar con más facilidad las gráficas de dos peces, uno de los cuales es doble de largo que el otro, bastará dividir por dos todas las longitudes que se tienen en cuenta para formar la gráfica del mayor, o, por el contrario, multiplicar por dos las respectivas dimensiones del más pequeño. De un modo o de otro quedan unificadas las longitudes totales

de ambos peces, y permanecen en la debida proporción las diferencias de magnitud y de distancia relativa que puedan mostrar algunas de las otras líneas de la gráfica, cuyas diferencias podrán observarse con toda facilidad y directamente, superponiendo ambas gráficas de modo que coincidan los extremos de la línea de la longitud total, que se ha igualado en ambos.

Las multiplicaciones o divisiones, a veces numerosas, que es necesario verificar para ampliar o reducir las gráficas, pueden hacerse con rapidez y facilidad empleando la regla de cálculo.

Aparato análogo al anterior, modificado para obtener un dibujo directo, a tamaño natural, de las gráficas y perfiles del cuerpo de los peces.

A pesar de que la regla de cálculo facilita la construcción de las gráficas, éstas no llegan a formarse sino mediante un dibujo que requiere un empleo notable de tiempo, que llega a ser considerable cuando se necesita hacer un gran número de ellas.

El aparato que ahora describimos consta de las mismas partes esenciales que el anterior, más o menos modificadas, y de algunas otras nuevas, según se expone a continuación (fig. 6).

Platina porta papel A′ B′ C′ D′.—Es un tablerito de la misma forma y tamaño que la platina porta ejemplar *A B C D*, y está colocada en posición simétrica de ésta, respecto de la corredera *N N′*, aunque yace en un plano algo superior, descansando sobre columnitas o soportes que se apoyan en la placa basal del aparato y que no se ven en la figura.

Esta platina sirve para sostener los papeles en que se dibujan las gráficas y copias de los ejemplares.

Regla móvil F G.—Es doble de larga que la del aparato anterior, puesto que no se limita a formar puente sobre la platina porta ejemplar *A B C D*, sino que avanza por encima de la platina porta papel *A′ B′ C′ D′*, por toda la anchura de la misma.

Carro porta lápiz X′.—Es una pieza pequeña análoga a la que hemos llamado *carro de la aguja*, que se ajusta a la prolongación de la regla móvil, pudiendo resbalar a lo largo de ella, siguiendo todos los movimientos de avance y retroceso del carro de la aguja, por estar unido a este por medio de una barra *br* de longitud tal que, tanto el carro porta lápiz como el carro de la aguja, señalan siempre, respectivamente, puntos homólogos de las superficies iguales de la platina porta ejemplar y de la platina porta papel. El carro del lápiz lleva una pluma o lápiz para señalar

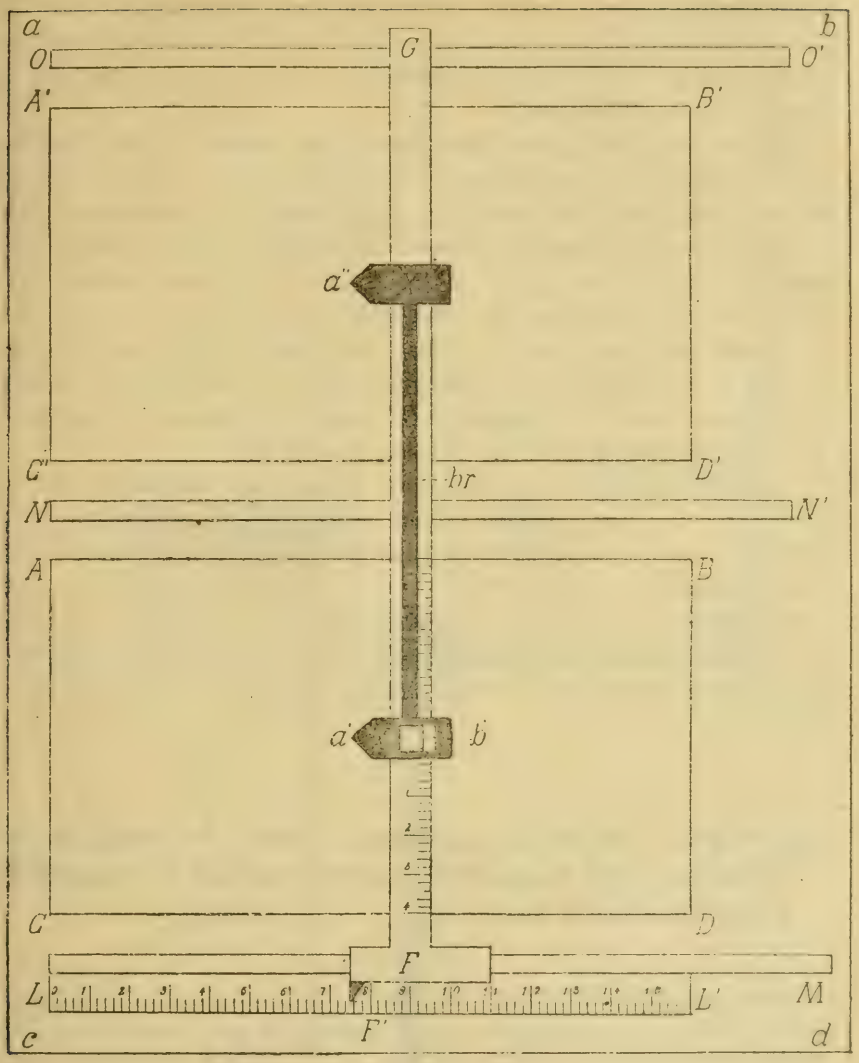


Fig. 6.

Esquema de un aparato destinado a efectuar medidas y a hacer gráficas y perfiles del cuerpo de los peces a tamaño natural.

abcd, placa basal o base del aparato.—*ABCD*, platina porta ejemplar.—*A'B'C'D'*, platina porta papel.—*LM*, corredera horizontal principal.—*NN'* y *OO'*, correderas horizontales sencillas.—*LL'*, regla dividida adosada a corredera *LM*.—*FG*, regla vertical móvil, provista de una escala dividida, con el cero cerca del centro, contándose cinco unidades enteras hacia arriba y cuatro hacia abajo.—*F'*, índice unido a la base de la regla vertical *FG*, que sirve para determinar la posicion de ésta sobre la regla dividida *LL'*, *X*, carro de la aguja, que corre a lo largo de la regla vertical *FG*.—*X'*, carro porta lapiz.—*br*, barra o brazo que enlaza ambos carros obligándolos a efectuar iguales movimientos a lo largo de la regla vertical *FG*.—*a'*, punta del carro *X*, donde se coloca la aguja destinada a señalar los puntos de la superficie del cuerpo del pez —*b'*, trazo o índice que sirve para determinar la posicion que ocupa el carro *X* sobre la escala dividida de la regla vertical *FG*—*a''*, punta del carro *X'* donde se coloca el lápiz que traza las gráficas.

sobre el papel los puntos y líneas de las gráficas. Un dispositivo, como el que se emplea corrientemente en los buenos pantógrafos, permite poner la pluma o el lápiz en contacto con el papel cuando se desee que éstos pinten sobre él, y sólo en ese caso.

Suponiendo, como antes se ha expuesto, que tratamos de hallar la longitud total de un pez, previamente colocado en la posición que conviene, bastará situar la punta del carro de la aguja sobre el extremo anterior del eje longitudinal del ejemplar, y resbalar la regla móvil lo que sea preciso para que la punta dicha quede colocada sobre el extremo posterior del mencionado eje longitudinal. Fácilmente se comprende que el carro del lápiz, llevado por la regla móvil, señalará en el papel puesto sobre la platina $A' B' C' D'$ una línea recta de longitud igual a la total del pez. Como en el aparato anterior, la cuantía de esa longitud se apreciará en milímetros sobre la escala $L L'$, al pie de la regla móvil $F G$.

De modo análogo, cualquier punto o línea del cuerpo del pez y hasta el contorno general del mismo, seguido por la punta del carro indicador, será señalado sobre el papel por la punta inscriptora, en su tamaño natural.

Las líneas, las gráficas o los perfiles, podrán ser ampliados o reducidos por medio de un pantógrafo corriente, o sea con más rapidez y facilidad que en el caso anterior, en que era necesario hacer un dibujo a base de datos numéricos.

Aparato para la obtención de gráficas y perfiles del cuerpo de los peces, por medio de un dibujo hecho directamente de la magnitud proporcional que se desee.

Aunque el segundo aparato descrito es de uso más práctico y rápido que el primero, ofrece todavía el inconveniente de que, para obtener con él una gráfica a escala determinada, hay que comenzar por hacerla a tamaño natural y reducirla o ampliarla luego por medio del pantógrafo, lo que ocasiona una pérdida no despreciable de papel, y otra más importante de tiempo y de garantías de exactitud.

Estos inconvenientes desaparecen con el aparato que vamos a describir, que permite hacer gráficas y perfiles del cuerpo de los peces, de la magnitud proporcional que se desee, dentro de los límites de capacidad del aparato, funcionando como un verdadero pantógrafo.

Refiérese la descripción siguiente a la figura 7.

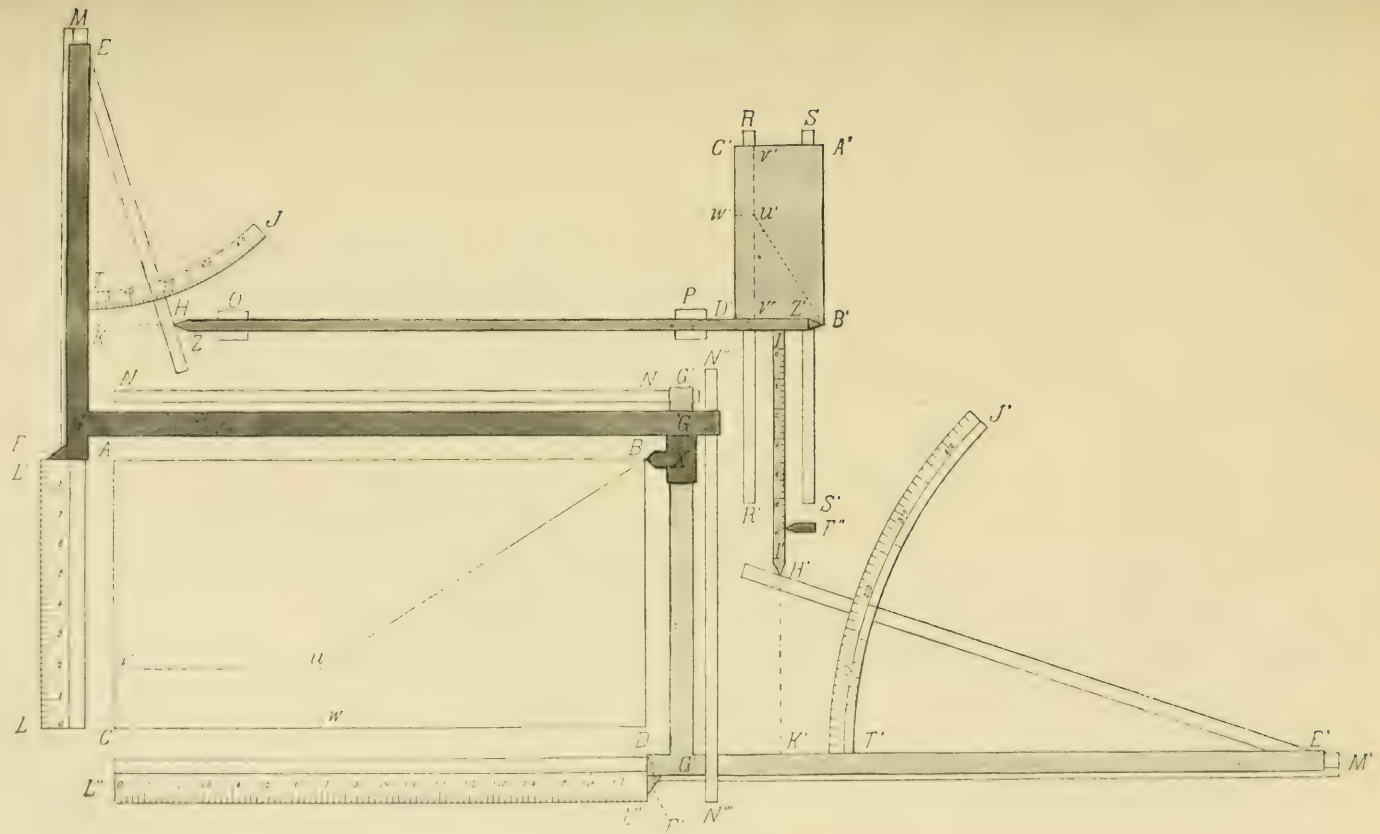


Fig. 7

Esquema de un aparato destinado a efectuar medidas y a hacer gráficas y perfiles del cuerpo de los peces, por medio de un dibujo hecho directamente, de la magnitud proporcional que se desee.

ABCD, platina portaejemplar.—*L''M'* corredera horizontal principal.—*NN'*, corredera horizontal sencilla.—*LM*, corredera vertical principal.—*N''N'''*, corredera vertical sencilla.—*L''L'''*, regla dividida adosada a la corredera horizontal principal *L''M'*.—*LL'*, regla dividida adosada a la corredera vertical principal *LM*.—*G'G''E'*, escuadra mayor. La rama vertical *G'G''* de esta escuadra puede estar provista de una escala dividida, como la de la regla vertical móvil de los aparatos representados en las fig. 5 y 6.—*H'E'*, rampa de la escuadra mayor. *J'T'*, arco graduado de la escuadra mayor. Los trazos que se ven en la parte cóncava del arco corresponden a las posiciones que debe de ocupar la rampa para obtener copias desde tamaño natural (cuando se coloca la rampa pasando por el extremo *J'* (del arco donde se señala el valor de 45°) hasta una reducción al décimo (cuando la rampa pasa por el trazo inferior). En la figura, la arista superior de la rampa *E'H'* pasa por la división del arco que corresponde a la obtención de copias reducidas a un tercio del tamaño natural.—*I'*, índice de la escuadra mayor.—*EG'''G*, escuadra menor.—*EH*, rampa de la escuadra menor.—*JT*, arco graduado de la escuadra menor.—*F*, índice de la escuadra menor.—*X*, carro de la aguja.—*ZZ'*, Brazo portalápiz. Este brazo se apoya por su extremo *Z* en la rampa menor *EH* y lleva en el otro extremo *Z'* un lápiz destinado a trazar las gráficas sobre el papel que se pone en la platina *A'B'C'D'*.—*O* y *P*, resbaladeras sobre las cuales corre el brazo portalápiz. La mitad de una de estas resbaladeras está representada por el rodaje *Rod* de la fig. 19.—*A'B'C'D'*, platina portapapel.—*H'*, brazo de la platina portapapel. Lleva grabada una escala con el cero situado en la parte superior —*F''*, índice adherido a la placa basal del aparato y que sirve para apreciar sobre la escala dividida del brazo *H'* de la platina portapapel el valor de los desplazamientos verticales de ésta.—*RR'* y *SS'*, correderas de la platina portapapel. Estas correderas pueden estar sustituídas por rodajes como los representados en *Rod'* y *Rod''* en la fig. 19. *AC* y *CD*, lados vertical y horizontal de la platina portaejemplar que pueden considerarse como ejes de un sistema de coordenadas: *AC* de las ordenadas y *CD* de las abscisas.—*uB*, recta trazada en la platina portaejemplar.—*vu* y *uw*, abscisa y ordenada del extremo *u* de la recta *uB*.—*A'C'* y *C'D'*, lados de la platina portapapel considerados como ejes de un sistema de coordenadas: *A'C'* de las ordenadas y *C'D'* de las abscisas.—*u'B'*, recta trazada en la platina portapapel. Es una copia, reducida al tercio, de la recta *uB* trazada en la platina porta ejemplar.—*v'u'* y *u'w'*, abscisa y ordenada del extremo *u'* de la recta *u'B'*.—*H'K'E'*, triángulo formado en la escuadra mayor por las siguientes líneas: hipotenusa *H'E'* o parte de la rampa mayor recorrida por el extremo *I'* del brazo de la platina portapapel; cateto mayor *K'E'* o recta de longitud igual al valor del desplazamiento verificado hacia la izquierda por la escuadra mayor; cateto menor *H'K'* o valor lineal del desplazamiento vertical experimentado por el extremo *I'* del brazo de la platina portapapel (y por lo tanto por esta misma), cuyo desplazamiento está regulado por el que ha experimentado en sentido lateral la escuadra mayor.—*HKE*, triángulo rectángulo formado en la escuadra menor por las siguientes lineas: hipotenusa *EH* o carrera recorrida sobre la rampa menor por la punta *Z* del brazo portalápiz; cateto mayor *EK* o desplazamiento vertical de la escuadra menor; *HK* o desplazamiento lateral, experimentado por la punta *Z* del brazo portalápiz y por el brazo mismo.

Platina porta ejemplar.—Es lo mismo que la de los aparatos anteriores, y está representada en la figura por el rectángulo *A B C D*.

Corredera horizontal principal L'' M'.—Corresponde a la corredera *L M* de los otros aparatos; está situada al lado del borde *C D* de la platina porta ejemplar, paralelamente a dicho borde; es algo más de doble de larga que el mismo, y tiene su extremo anterior *L''* situado al nivel del ángulo *C* de la platina. Esta corredera está, además, provista de una escala dividida *L'' L'''*, de igual longitud que el lado *C D* de la platina, y situada frente al mismo.

Corredera horizontal sencilla N N'.—Corresponde a la *N N'* de los otros aparatos.

Corredera vertical principal L M.—Está junto al lado *A C* de la platina; es paralela a ese lado (y, por lo tanto, perpendicular a la corredera horizontal principal *L'' M'*), y más de doble de larga que él. Está provista de una escala dividida *L L'*, situada enfrente del lado *A C* de la platina, cuya escala presenta el extremo *L* situado al nivel del ángulo *C* de la citada platina.

Corredera vertical sencilla N'' N'''.—Está situada frente al lado *B D* de la platina, es paralela al mismo y de longitud algo mayor.

Escuadra mayor G' G'' E'.—Consta de las siguientes partes:

a Una rama vertical *G' G''* correspondiente a la regla móvil de los otros aparatos y cuya dirección es, por lo tanto, perpendicular a las correderas *L'' M'* y *N N'*, en las que apoya sus extremos, formando puente sobre la platina *A B C D*.

b Una rama o regla horizontal *G'' E'* que corresponde a la base o pie de la regla móvil de los otros aparatos, que se dirige hacia la izquierda y que puede resbalar a lo largo de la corredera *L'' M'*.

Escuadra menor E G''' G.—Consta de una regla vertical *E G'''* que resbala a lo largo de la corredera vertical dividida *L M* y de una rama horizontal *G''' G* que cruza a modo de puente por encima de la platina y que apoya su extremo libre *G* en la corredera sencilla *N'' N'''*.

Rampa mayor H' E' y arco graduado mayor J' T'.—La rampa es una regla que puede formar distintos ángulos sobre el lado horizontal *G'' E'* de la escuadra mayor *G' G'' E'*, teniendo como punto de giro el *E'*. El valor de los ángulos que esta regla o rampa forma con el citado lado *G'' E'*, se mide en el arco graduado *J' T'*. Las divisiones que muestra ese arco por su borde convexo son grados de circunferencia; las que muestra por su borde cóncavo determinan algunas de las principales posiciones de inclinación que la regla o rampa ha de ocupar cuando se desee obtener gráficas reducidas, desde la mitad a un décimo del tamaño natural, como se verá más adelante.

Rampa menor E H y arco graduado menor J T.—Pertenecen ambos elementos a la escuadra menor *E G''' G* y puede aplicarse a los dos lo dicho para la otra rampa y arco citados.

Carro de la aguja X.—Es igual que el de los otros aparatos descritos.

Brazo porta lápiz ZZ' y sus correderas O y P.—Este brazo es una pieza paralela a las correderas horizontales *N N'* y *L'' M'* y encaja en un par de resbaladeras *O* y *P* que la permiten moverse solo de derecha a iz-

quierda y viceversa. La punta Z del brazo porta lápiz se apoya en el borde externo de la rampa $E\,H$, porque hay un dispositivo (no representado en la figura) que ejerce sobre el brazo ZZ' una tracción constante hacia la izquierda que mantiene ese contacto. Esto puede asegurarse mediante un cordón unido a la punta Z del brazo ZZ' (a la anilla A de la fig. 18), y que siguiendo la dirección de la línea de trazos $H\,K$ está siempre tirante por la acción de un resorte, o mejor por la de un peso. En la punta Z' hay una pluma o lápiz que dibuja las gráficas.

Platina porta papel $A'\,B'\,C'\,D'$, su brazo II' y sus correderas RR' y SS'.—La platina porta papel $A'\,B'\,C'\,D'$ es un rectángulo semejante al de la platina porta ejemplar $A\,B\,C\,D$; pero orientada en sentido perpendicular al de esta última, como se ve en el dibujo. La platina porta papel puede moverse a lo largo de un par de correderas RR' y SS' fijas al plano básico del aparato y orientadas en el sentido de las ordenadas, o sea paralelas al lado o regla $G'\,G''$ de la escuadra mayor $G'\,G''\,E'$.

El brazo $I\,I'$ es una reglita fija a la parte media del lado $D'\,B'$ de la platina porta papel, paralela a las correderas de esta platina y cuya punta I' está siempre en contacto (mediante la continua acción de un peso como el del brazo del lápiz) con el borde superior de la rampa $H'\,E'$ de la escuadra mayor. El brazo $I\,I'$ tiene una escala dividida en mm. con el cero en la parte superior. El índice F'', que está adherido a la placa basal del aparato, permite hacer las lecturas sobre la escala dividida del brazo $I\,I'$. La aplicación de esta escala será expuesta más adelante.

Explicación general del funcionamiento del ictiopantógrafo.—Como se ha dicho al principio, este aparato viene a ser una especie de pantógrafo adaptado a la reproducción gráfica de las características morfológicas del cuerpo de los peces, pudiendo recibir por esto el nombre de *Ictiopantógrafo*, aunque su funcionamento pueda hacerse extensivo a cuantos animales y objetos admita la capacidad de la platina mayor.

La posición de cualquiera de los puntos del cuerpo del ejemplar sobre que se opera, representada por su proyección vertical sobre la platina porta ejemplar, puede referirse a los lados $A\,C$, vertical, y $C\,D$ horizontal de esa platina, tomados como ejes coordenados: $A\,C$ de las ordenadas y $C\,D$ de las abscisas.

Si a los lados $A'\,C'$ y $C'\,D'$ (homólogos a $A\,C$ y $C\,D$ de la platina porta-ejemplar) de la platina porta-papel los consideramos también como los respectivos ejes coordenados: $A'\,C'$, de las ordenadas, y $C'\,D'$ de las abscisas, tendremos así los elementos necesarios para situar en su debida posición sobre el papel puesto en esa platina la copia de los puntos y líneas del cuerpo del pez, a tamaño natural, o según la reducción que se

desee, siempre, claro es, que lo permita la capacidad de esta platina.

Cuando en el ictiopantógrafo la punta del carro de la aguja señala la posición de un punto del cuerpo del pez, los índices *F* y *F'* de ambas escuadras señalan á su vez, sobre las respectivas escalas divididas, el valor de las coordenadas de la proyección vertical de ese punto sobre el plano de la platina porta-ejemplar. La escuadra menor registra el valor de las ordenadas, y la mayor el de las abscisas.

Así, en la figura 7, la situación del punto *B*, señalado por la punta del carro de la aguja, se determina perfectamente por sus distancias a los ejes coordenados *A C* y *C D*, cuyas distancias (por cierto, las máximas que puede apreciar el aparato) aparecen medidas por ambas escuadras, señalando la menor el valor de la ordenada máxima (nueve unidades de la escala), y la mayor el valor de la abscisa mayor (18 unidades).

Las escuadras no se limitan a valorar las ordenadas y abscisas de cada punto señalado por la punta del carro de la aguja, sino que trasladan esas valoraciones y las reducen a la proporción deseada para producir sobre la platina porta papel las copias de los puntos o líneas que se desee obtener.

Esto se logra por medio de las rampas *E H* y *E' H'* pertenecientes respectivamente a las escuadras menor y mayor.

Fijémonos, por ejemplo, en la escuadra mayor tal como está en la figura 7, en la que aparece señalando el valor de la máxima abscisa del punto *B* de la platina porta-ejemplar, o sea en su posición extrema hacia la derecha, y además dispuesta para reducir la longitud de sus desplazamientos a la tercera parte, como se verá en seguida.

La punta *I'* del brazo *I I'* de la platina porta papel, está en lo más alto que puede de la rampa *H' E'*. Si desde esa punta *I'* trazamos una perpendicular *H' K'* al lado horizontal *G'' E'* de la escuadra mayor, habremos formado un triángulo rectángulo *H' K' E'* constituído por las siguientes líneas: *H' K'* (cateto menor) o línea vertical que acabamos de trazar, y cuya longitud es en la figura un tercio del cateto mayor; *K' E'* (cateto mayor), que ha de ser de longitud igual al lado *C D* de la platina porta ejemplar, y que está formado por parte del borde superior de la rama h rizontal *G'' E'* de la escuadra mayor, y, finalmente, *H' E'* (hipotenusa) o parte del borde superior de la rampa *H' E'*, comprendida entre el punto inicial *E'* de la misma y el punto *H'* más alto que sobre ella puede ocupar el extremo *I'* del brazo de la platina porta papel.

En la escuadra menor y su rampa puede considerarse formado un triángulo rectángulo semejante *H K E*, en el cual el cateto mayor *K E* es igual al lado *A C* de la platina porta ejemplar, y el cateto menor *H K* es un tercio de esa longitud.

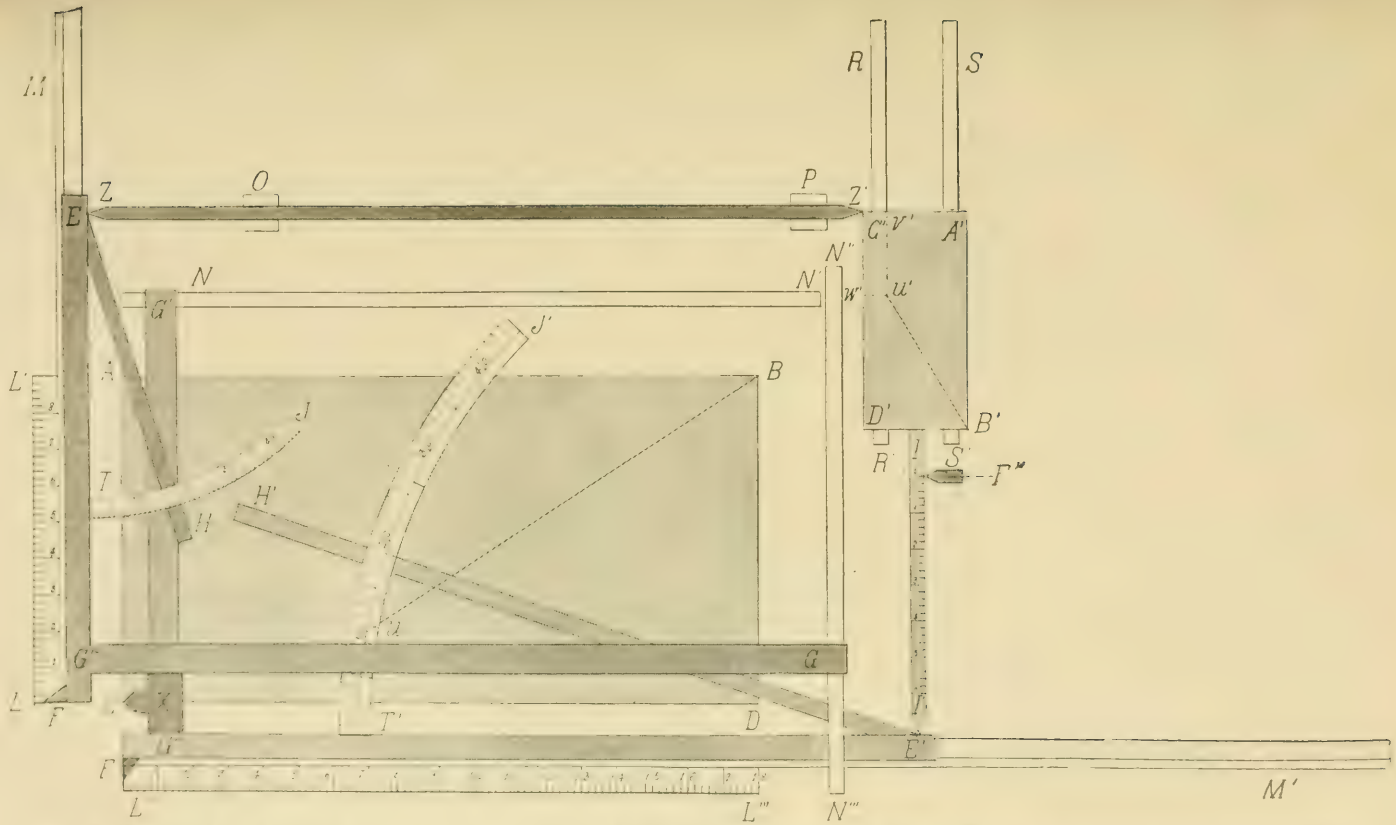


Fig. 8. Esquema de un aparato igual que el representado en la fig. 7, pero con el carro de la aguja señalando el valor verdadero de coordenadas. Las mismas letras que para la figura anterior, sin más diferencia que aquí no existen los triángulos HKH ni $H'K'E'$. $v'v''$, lugar geométrico de puntos que en el sistema de ejes coordenados $A'C'$ y $C'D'$ tienen el mismo valor de abscisa $w'u$.

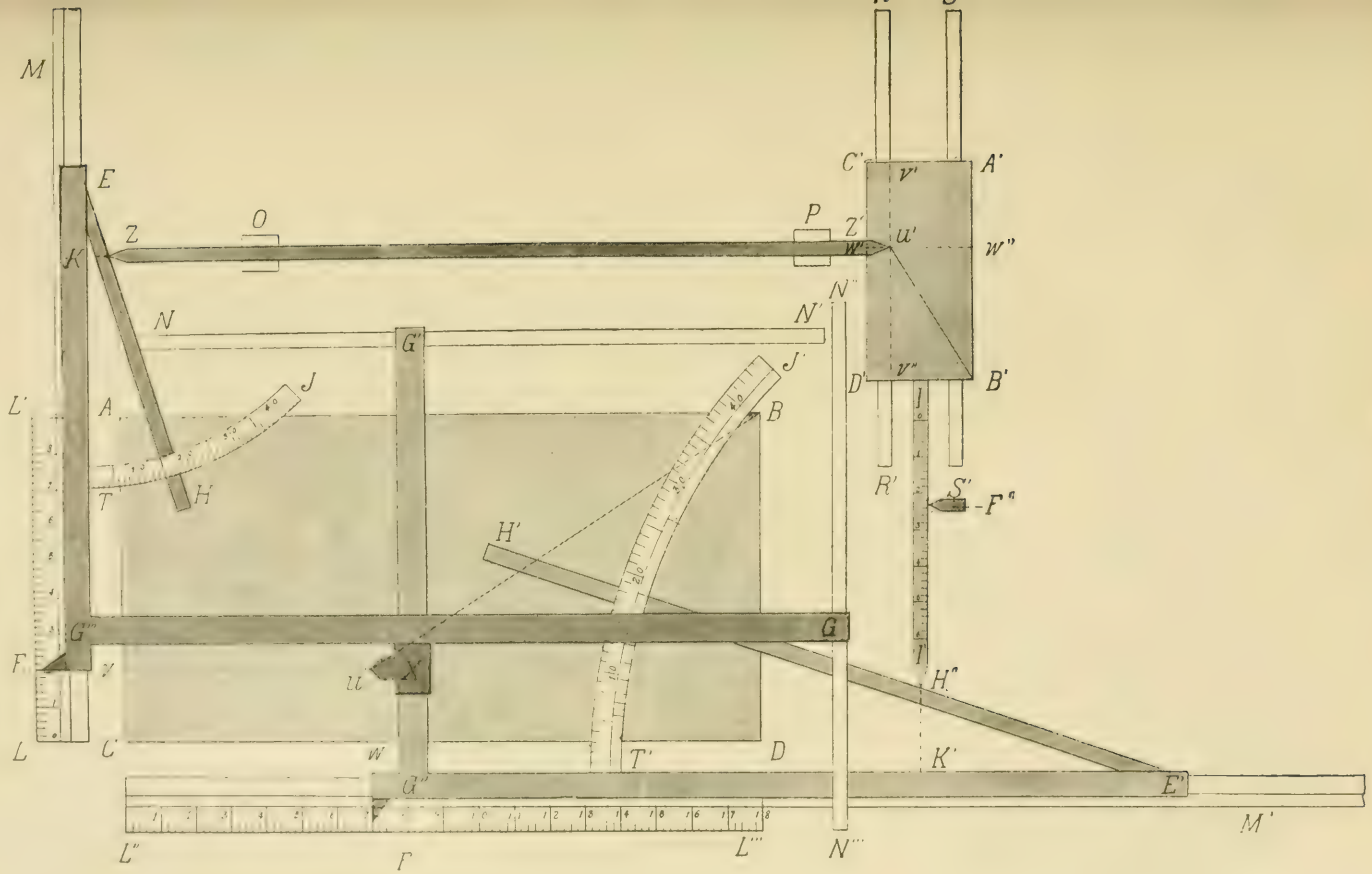


Fig. 9.—Esquema de un aparato igual al representado en la fig. 7, pero con el carro de la aguja señalando el valor de las coordenadas (abscisa $v\,u = 7$ centímetros y ordenada $uw = 2$ cm.) del punto u.

Las mismas letras que las que se utilizan en la fig. 7, sin más diferencia que en lugar de los triángulos $H'K'E'$ y HKE de aquélla, se forman en ésta, respectivamente, los $H''K'E'$ y EZK, de menor tamaño.

Conviene que recordemos que en todo triángulo rectángulo, si trazamos líneas paralelas a uno de los catetos, se formarán tantos nuevos triángulos rectángulos semejantes como líneas se tracen, y en todos esos triángulos la relación numérica existente entre los dos catetos permanece invariable. En nuestro caso (lo mismo en el triángulo de la escuadra mayor que en el de la menor), en cualquiera de los triángulos formados con esas paralelas, el cateto menor obtenido será siempre un tercio del nuevo cateto mayor.

Conocidos estos antecedentes, veamos cómo funciona el *ictiopantógrafo*.

Supongamos que tratamos de reproducir, reducida al tercio de su longitud, en la platina porta papel, la línea $u\ B$ trazada en la platina porta ejemplar, y supongamos, además, que el aparato está como se indica en la figura 8; esto es: con la punta del carro de la aguja señalando el punto C (origen de coordenadas).

En este caso las escuadras menor y mayor señalan, respectivamente, en las reglas divididas, el valor cero de la ordenada y de la abscisa, como es debido; el extremo Z del brazo porta lápiz se apoya en el origen de la rampa menor $H\ E$, y del mismo modo la punta I' del brazo de la platina porta papel reposa sobre el principio de la rampa mayor $H'\ E'$, y como consecuencia de esto la punta Z' del brazo porta lápiz $Z\ Z'$ coincide con el origen C' de los ejes coordenados $A'\ C'$ (de las ordenadas) y $C\ D$ (de las abscisas) correspondientes a la platina porta papel.

Comenzaremos por situar la punta del carro X de la aguja sobre el punto u (fig. 9). El valor de la ordenada $u\ w$ del punto u, será señalado por el índice F de la escuadra menor sobre la regla dividida. Dicho valor, en nuestro ejemplo, es de dos unidades de la regla. Al ascender la escuadra esas dos unidades, la punta Z del brazo porta lápiz $Z\ Z'$ habrá ascendido por una parte del principio de la rampa menor, o sea por un trayecto que será la hipotenusa $E\ Z$ de un triángulo rectángulo $E\ Z\ K$, cuyo cateto mayor $E\ K$ será igual a las dos unidades recorridas por la escuadra en su ascenso, o, lo que es lo mismo, a la ordenada del punto u, mientras que el otro cateto $Z\ K$ será la tercera parte del mayor, y, por lo tanto, de dicha ordenada. La punta inscriptora Z del brazo portalápiz $Z\ Z'$ habrá avanzado hacia la derecha, por lo tanto, sobre la platina porta papel, señalando sobre ella, a su vez, el valor de dicho cateto menor, o sea el tercio de la ordenada de u en la platina porta ejemplar. La línea $v'\ v''$ paralela a $C'\ D'$, determinada por la punta Z' del brazo porta lápiz en la platina porta papel, será evidentemente el lugar geométrico de todos los puntos que tienen esa ordenada en dicha platina. Sólo falta determinar cuál de ellos es el punto u' buscado.

Ese punto se determina análogamente por medio de la escuadra mayor.

Desde el momento en que la punta del carro de la aguja señala el punto *u* en la platina porta ejemplar, el índice de la escuadra mayor nos da sobre la regla dividida *L'' L'''* el valor de la abscisa de ese punto, o sea, en nuestro ejemplo, siete unidades, cuya longitud será la del cateto mayor del nuevo triángulo *H'' K' E'* formado a base de la hipotenusa o porción *E' H''* recorrida durante esta operación por la punta *I'* del brazo *II'* de la platina porta papel sobre la rampa mayor *E' H'*, produciendo el ascenso de ese brazo por toda la longitud del otro cateto *H'' K'*; de modo que al fin la punta *Z'* del brazo porta-lápiz, no por su propio movimiento, sino por el que bajo ella ha experimentado la platina porta papel, habrá señalado sobre la línea *v v'* la posición del punto *u'*, cuyas ordenadas son un tercio de las del punto *u* en la platina porta ejemplar, o sea el punto cuya posición queríamos determinar sobre la platina porta papel.

Hay que tener en cuenta que la acción de ambas escuadras, cuyo funcionamiento hemos explicado sucesivamente, no se realiza siempre así, aunque se puede, si se quiere, hacer funcionar sólo la escuadra menor para determinar la ordenada, y después, o antes, la mayor para determinar la abscisa. Lo más cómodo es obtener el mismo resultado llevando por el camino más corto la punta del carro de la aguja sobre el punto de que se trate, y como dicho carro arrastra en su movimiento a las dos escuadras simultáneamente, fijando en todo momento el valor del desplazamiento de las mismas, ellas, simultáneamente también, accionan sobre la platina porta papel y sobre el brazo porta lápiz *Z Z'*, regulando la posición recíproca de ambas piezas para que el lápiz situado en el extremo *Z'* del último quede sobre la primera, determinando la posición del punto buscado.

El examen de la figura 7 nos explica cómo se obtiene sobre la platina porta papel la posición del extremo *B* de la línea *u B* trazada en la platina porta ejemplar.

Desde el momento en que la punta del carro de la aguja se sitúa sobre *B*, la escuadra menor se corre a lo alto de su regla dividida, señalando el máximo valor de la ordenada admitido por la capacidad del aparato, o sea la división nueve; el brazo porta lápiz *Z Z'* asciende al final de la rampa *E H*, y es rechazada por ella hacia la derecha, marcando con su punta *Z'*, sobre la platina porta-papel, un valor de ordenada que es un tercio del valor de la ordenada de *u* sobre la platina porta ejemplar, por que ese desplazamiento es igual a la longitud del cateto menor *K H*, que es un tercio del mayor *E K*, que, a su vez, es igual al valor *L' L* (9 unidades de la escala) de la ordenada de *B*.

Del mismo modo, el máximo desplazamiento hacia la derecha operado en la escuadra mayor, que llega a señalar el máximo valor de 18 unidades de abscisa admitido por el aparato, da lugar a que la rampa *H' E'* haga ascender a la platina porta papel lo más posible, o sea un tercio del desplazamiento lateral de la rampa (desplazamiento igual al valor de la abscisa *L'' L'''* de punto *B)*, de modo que al finalizar el movimiento ascendente de la platina porta papel, queda la punta *Z'* del brazo porta lápiz separada del lado *A' C'* de esa platina por una distancia igual a dicho tercio, o sea sobre el valor que corresponde a la abscisa del punto *B'* buscado sobre esa platina, que queda al fin determinado por la magnitud de sus coordenadas.

Uniendo los puntos *u'* y *B'* determinados en la platina porta papel, tendremos reproducida sobre ella la recta *u B* de la platina porta ejemplar reducida a la tercera parte de su longitud, y ocupando respecto de los ejes coordenados la posición que le corresponde.

En suma: cualquier punto señalado en la platina porta ejemplar por la punta del carro *X* de la aguja es reproducido en la platina porta papel por el lápiz puesto en *Z'*, y quedará determinado en ella por medio de coordenadas, que serán un tercio de las que ese punto tiene en la platina mayor.

Así, cuando con la punta del carro de la aguja sigamos sobre la platina porta ejemplar el curso de una línea cualquiera, recta o curva, por complicada que ella sea, cada uno de los puntos componente de esa línea serán señalados en la platina porta papel por la punta del lápiz puesta en Z', y perfectamente determinados por la magnitud de sus correspondientes coordenadas. La sucesión de esos puntos reproducidos será una línea de forma semejante a la que ha servido de patrón y tendrá una longitud tres veces menor. Por eso el aparato, tal como está representado en la figura 7, no sólo permite copiar, por ejemplo, la línea de la longitud total de un pez reducida al tercio, sino el perfil del pez y hasta un minucioso dibujo de todas las partes del cuerpo del mismo, obtenido al mismo tercio de reducción.

Manera de variar el valor de la reducción en el ictiopantógrafo.—Para lograr un valor distinto de reducción no hay más que modificar la inclinación de las rampas, o sea cambiar el ángulo que ellas forman con la rama en que se apoyan de la escuadra respectiva, dando a ese ángulo el valor que corresponda, y que ha de ser el mismo para ambas rampas.

Esto se consigue fácilmente procediendo del siguiente modo:

Supongamos que hay que disponer el aparato para hacer reducción a un tercio, como está en la fig. 7.

Para esto se comienza por colocar la escuadra mayor al final de su

carrera, cuando señala el valor de la máxima abscisa. En seguida se pone la rampa en la inclinación que sea preciso hasta lograr que la punta inferior *I'* del brazo *II'* de la platina porta papel quede separada de la arista superior de la rama horizontal *G'' E'* de la escuadra mayor por una longitud *H' K' igual a un tercio* del máximo desplazamiento lateral experimentado por la escuadra mayor. Es decir, que si ese desplazamiento ha sido de 18 unidades, como se ve en la figura, la línea *H' K'* tendrá una longitud de seis. En la escuadra menor se podría repetir la operación de modo análogo; pero no es necesario, siendo más sencillo y rápido igualar la inclinación de su rampa a la que se ha conseguido en la rampa de la escuadra mayor, para lo que sirven los arcos graduados de que están provistas las dos escuadras.

Para obtener, pues, una reducción determinada, no hay más que colocar la escuadra mayor en su posición de máximo desplazamiento, considerar a éste como la unidad y hacer que la distancia *H' K* sea la fracción de esa unidad que corresponda a la reducción que se desea obtener, y, como se ha dicho antes, hacer que la inclinación de la rampa menor sea igual a la obtenida en la mayor, utilizando para esto los arcos graduados.

Para tipos de reducción corrientes, como son $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, etc., hasta $\frac{1}{10}$, tiene ya el aparato unas divisiones grabadas en la parte cóncava de los arcos graduados. De modo que, para obtener reducciones a un tercio, no hay más que hacer coincidir el borde superior de las rampas con la división correspondiente a ese grado de reducción, como se ve en la fig. 7, o hacer eso sólo en la rampa mayor, obteniendo luego igual ángulo en la menor, por medio de los arcos consabidos, que tienen su borde externo dividido en grados de circunferencia.

Pero, si se presenta algún caso en que haya que hacer una reducción anómala, como por ejemplo de $\frac{1}{36}$, se podrá operar rápidamente dividiendo la longitud del desplazamiento máximo lateral de la escuadra mayor, que, según se ve en la fig. 7, es de 18 unidades, por el núm. 36, lo que nos dará el cociente de 0,5, o sea el nuevo valor del cateto *H' K'*, o lo que es lo mismo, la rampa mayor se ha de poner en una inclinación tal que la punta inferior *I'* del brazo de la platina porta papel ha de quedar separada de la arista superior de la rama horizontal *G'' E'* de la escuadra mayor por una distancia igual a la mitad de una de las unidades en que está dividida la regla *L'' L'''*. Esa longitud, se puede medir inmediatamente sobre el mismo brazo *II'*, cuya cara superior está dividida en unidades de la misma magnitud que las que hay en la regla *L'' L'''* y que forman una es-

cala cuyo cero está hacia el extremo superior del brazo *II*. El índice *F''* que está fijado a la base del aparato, señala la posición de cero cuando el brazo *I' I* tiene su punta inferior *I'* en contacto con la arista superior de la rama *G'' E'* de la escuadra mayor.

Modo rápido de disponer el ictiopantógrafo para obtener de un pez de cualquier longitud (que admita la capacidad del aparato), una reducción de longitud elegida de antemano.

Como ya se ha dicho en este trabajo, es sumamente útil que las distintas gráficas obtenidas del cuerpo de los peces sean todas de igual longitud y que estén orientadas en el mismo sentido, pues de este modo la comparación recíproca de las mismas se facilita de un modo considerable.

Precisamente la principal aplicación del ictiopantógrafo consiste en la obtención de esas gráficas de longitud unificada, y como las dimensiones de los peces varían hasta lo infinito, sería necesario constantemente hacer por separado un cálculo, siempre entretenido, de la reducción a que habría de ser sometido cada ejemplar para obtener su gráfica de la longitud deseada.

Esto se obtiene rápidamente con el ictiopantógrafo, sin necesidad de cálculo alguno.

Basta para esto colocar el pez sobre la platina porta-ejemplar, de modo que el extremo anterior de su cuerpo esté sobre la ordenada cero de esa platina y poner luego la punta de la aguja del carro *X* sobre el extremo posterior del cuerpo del ejemplar. Entonces, sin mover la escuadra mayor de la división que haya alcanzado en la regla dividida (y que será igual a la longitud total del pez), se pondrá la rampa mayor en la inclinación que sea necesaria para que la punta *Z'* del brazo porta lápiz quede separada del lado *C' A'* de la platina porta papel por una distancia que sea igual a la longitud total que quiera darse a la gráfica. Como se ha indicado, habrá que poner la rampa menor *E H* en igual inclinación que la mayor *E' H'*.

Aplicaciones del ictiopantógrafo. —Como se ha indicado repetidas veces, son tres los fines a que está destinado el ictiopantógrafo: a obtener medidas, a hacer gráficas y a sacar copias del contorno general del cuerpo de los peces y de los perfiles de sus distintas partes.

La obtención de esos fines son de gran utilidad para los artistas que se dedican a la iconografía y a la tarxidermia ictiológicas; para los naturalistas que hacen estudios sistemáticos; para aquellos otros que estudian en

los laboratorios biológico-marinos las variaciones morfológicas que experimentan los peces desde que nacen hasta que adquieren la edad adulta; y, finalmente, para los que verifican en los establecimientos destinados al estudio de las especies comestibles de peces y a la pesca en general, trabajos estadísticos que tienen por base la medición de innumerables ejemplares de peces.

Capacidad del ictiopantógrafo.—Sería muy útil poder disponer de un solo aparato para medir o copiar cualquier pez que se ofreciese, grande o pequeño; pero esto no es posible en la práctica, porque la longitud de los peces varía mucho en las numerosas especies conocidas. Así un *Mistichthys luzonensis* apenas mide trece o catorce milímetros de longitud total mientras un *Cetorhinus maximus* puede pasar de trece metros.

Importa mucho a la sistemática ictiológica que sea conocida la longitud y proporcionalidad de las partes del cuerpo de los peces, especialmente de las formas de gran talla, cuyo conocimiento en este respecto es harto deficiente y debe ser objeto de atención y estudio especial; pero precisamente a estos grandes peces no puede ser aplicado el ictiopantógrafo. Para medirlos será preciso recurrir a otros procedimientos aplicables en los mismos puntos de pesca: sobre la cubierta de los barcos, la playa, los mercados y otros lugares semejantes, donde se ven con mayor frecuencia los ejemplares de gran longitud, que precisamente por su volumen, su dificultad de transporte y conservación y hasta por su coste a veces elevado, llegan raramente a los centros de investigación ictiológica.

Especialmente en las colecciones de estudio de los museos, la inmensa mayoría de los peces conservados en alcohol o formol (no hay interés en medir los disecados, por haber perdido sus dimensiones naturales), tienen menos de veinticinco centímetros de longitud, hasta el punto de que un ejemplar que pase de cuarenta o cincuenta centímetros de largo representa una pieza excepcional, de manejo engorroso, que necesita un frasco desmesurado y una gran cantidad de líquido conservador.

Por eso lo mejor es construir aparatos cuya máxima capacidad sea la representada por la longitud de esos peces mayores de las colecciones, o o lo que es igual, aplicables a ejemplares de medio metro o a lo más de un metro.

Hay que tener en cuenta que determinadas dificultades técnicas y razones económicas se oponen a la construcción de grandes modelos de estos aparatos. Por eso hay que restringir lo que se pueda la capacidad máxima de los mismos.

Además, con este aparato no pueden obtenerse directamente más que gráficas a tamaño natural o reducido. Para lograr ampliaciones hay que

recurrir a artificios que se expondrán más adelante o al empleo de accesorios que también serán descritos.

Se ha dicho que, para la mejor comparación de las gráficas, deben hacerse sobre ejemplares colocados en posición semejante y orientados en el mismo sentido, y que conviene, además, que estas gráficas sean todas de igual longitud total.

Es necesario, pues, adoptar una longitud especial que deberá mantenerse permanentemente, y que, por lo tanto, habrá de ser cuidadosamente elegida.

Esa longitud pudiera ser de *diez centímetros*, por ofrecer las ventajas siguientes:

a Porque las longitudes de las restantes partes del cuerpo pueden referirse a centésimas de la total, que son de longitud conocida, es decir, *milímetros*, cuya categoría de unidades es precisamente la adoptada como fundamental para las medidas de los peces en las obras modernas ictiológicas.

De ese modo, la sola expresión numérica de los valores de las líneas componentes de la gráfica, nos muestra con toda claridad la proporcionalidad recíproca existente entre las longitudes mismas, y hasta se puede hallar el valor real en milímetros de las longitudes efectivas representadas por ellas, sin más que multiplicar la cuantía de cada una de ellas por el valor de la reducción a que ha sido sometido el pez para obtener su gráfica.

Así, por ejemplo, los valores de las líneas de la gráfica de la figura 3.ª, que pudo ser obtenida por la reducción a $\frac{1}{3}$ de un pez dado, serán claramente expresados así:

Longitud total	100 mm.
Altura del cuerpo	20

y el valor real de cada una de las medidas del pez, representadas, según proporción distinta, por las respectivas líneas de la gráfica, será obtenido, en milímetros, sin más que multiplicar el valor de cada una de esas líneas por el número que sirvió de divisor para obtener la gráfica reducida; esto es, por 3, como sigue:

Longitud total, real, del ejemplar. . .	100 mm. $\times$ 3 = 300 mm.
Altura real del cuerpo.	20 mm. $\times$ 3 = 60 —

b) Porque la longitud de 10 centímetros es suficiente para hacer figuras del cuerpo de la inmensa mayoría de los peces, de modo que sea fácil representar las especies con expresión clara de sus elementos morfológicos diferenciales; pudiendo ser incluídas esas figuras en los libros, orientándolas en el mismo sentido que las líneas del texto, lo que fa-

cilita su examen, cosa que es posible conseguir por permitirlo la anchura de las páginas de las obras de tamaño corriente, en 4.°.

Podrá objetarse que determinados peces, de cuerpo largo y delgado, como ciertos apodos y singnátidos, no quedarían bien representados por gráficas o dibujos de 10 centímetros de longitud, porque entonces aparecerían excesivamente reducidos determinados detalles morfológicos.

Esto puede evitarse representando aparte dichos detalles, pues siempre aparecerán patentes en la figura de 10 centímetros las relaciones principales de las distintas magnitudes de las regiones y partes más importantes del cuerpo; pero si no hubiese posibilidad de obtener una gráfica o figura satisfactoria a ese tamaño, podrá recurrirse a duplicarla, con lo cual apenas si se habrán complicado las operaciones numéricas que se hagan a base de esas gráficas. Así, para obtener el valor real de las magnitudes del ejemplar sometido a medida, bastará con efectuar la operación anterior dividiendo por dos uno de los factores o el producto, cosa sencillísima.

Claro es que, desde el momento en que sea preciso hacer una gráfica de 20 centímetros para una especie dada, debe de conservarse ese grado de ampliación para todos los individuos de la misma especie y de especies de forma análoga.

Para incluir las figuras de 20 centímetros de estos peces alargados en las publicaciones de tamaño corriente, en 4.°, habrá que optar por colocarlas enteras, en sentido perpendicular al de las líneas del texto, o dividirlas en dos pedazos de 10 centímetros, colocados paralelamente a dichas líneas.

Debe evitarse representar a los peces alargados en posición de flexión para lograr que cojan en las páginas las figuras, porque si bien éstas ofrecen un aspecto más artístico, hacen imposible la apreciación de las medidas relativas del cuerpo, especialmente la de la longitud total, que es la que interesa, por ser básica.

La adaptación del ictiopantógrafo a la factura de gráficas de 10 centímetros de longitud da por resultado la necesidad de que todo ejemplar de longitud total menor que esa magnitud haya de ser ampliado, cosa que no puede hacerse con el modelo normal de este aparato.

Esta deficiencia puede subsanarse por cualquiera de las soluciones siguientes:

a) Construcción de un modelo de ictiopantógrafo provisto de un accesorio amplificador especial, que será detallado más adelante.

b) Construcción de un modelo pequeño de ictiopantógrafo amplificador destinado a ejemplares de peces de longitud total inferior a 10 centímetros, que pueden ser ampliados a esta dimensión.

c) Aplicación de otros procedimientos de obtención de gráficas y

perfiles de ejemplares de peces, mediante el empleo de cámaras claras u oscuras, que, por estar destinadas a la copia de pequeños modelos, han de ser de instalación fácil, relativamente económica y de manejo cómodo.

d) Obtención de gráficas de esos peces pequeños a tamaño natural, y amplificación de las mismas por un pantógrafo, que, por aplicarse también sólo a la ampliación de modelos pequeños, puede estar construído con gran precisión, y ser instalado para su servicio constante en un tablero de dimensiones reducidas. Para facilitar la construcción y más fácil manejo de este pantógrafo, convendrá comenzar por obtener con el ictiopantógrafo de modelo sencillo sólo dos tamaños de gráficas menores: uno, de 5 centímetros (para los ejemplares que midan de 5 a 10 centímetros), y otro, de 2,5 centímetros (para los ejemplares que midan de 2,5 centímetros a 5 centímetros), que amplificadas, respectivamente, al doble y al cuádruplo, nos darán las gráficas normales de 10 centímetros que buscamos; pudiendo, por lo tanto, para su mayor sencillez, estar construído el pantógrafo auxiliar sólo para esas dos amplificaciones.

Es poco frecuente que se ofrezcan al estudio corriente peces menores de 25 milímetros, como no sean muy jóvenes, larvas o embriones. Para todos estos ejemplares diminutos, cuyo estudio constituye una especialidad ictiológica, es más conveniente el empleo de una técnica particular, a base de la observación de los mismos en el campo de microscopios hechos a propósito, de corto aumento, con platina móvil en dos sentidos perpendiculares, y provista de reglillas que permitan medir la amplitud de los movimientos efectuados. La cámara clara tiene aquí su aplicación normal, y nos permitirá obtener gráficas de 10 centímetros comparables con las que corrientemente pueden lograrse con el ictiopantógrafo normal.

La mejor solución que debe adoptarse en un laboratorio ictiológico es la de tener un modelo grande de ictiopantógrafo que sirva para gráficas o dibujos de 10 centímetros de longitud de ejemplares cuya longitud máxima esté comprendida entre 10 centímetros y 50 centímetros o un metro, si se juzga necesaria esa mayor amplitud. Para ejemplares de longitud menor de 10 centímetros, convendrá construir un ictiopantógrafo especial, que describiremos en otra ocasión. En combinación con el modelo grande, y para suplir la falta del pequeño, se utilizará un pantógrafo de tamaño reducido, dispuesto sólo para hacer ampliaciones de doble y cuádruple tamaño, o una cámara oscura especial, de la que nos ocuparemos en este mismo trabajo.

Conviene advertir que el ictiopantógrafo puede hacer posible su aplicación a peces de longitud y anchura superiores a las que son base de su funcionamiento normal.

Así, un ictiopantógrafo de capacidad normal para peces de 50 centímetros de longitud total puede ser aplicado a otro de mayor longitud, para lo cual se obtiene, primero, la copia o gráfica de su mitad anterior, reducida a 5 centímetros de longitud, y luego, la de la otra mitad, a igual reducción, con lo que se obtendrá la gráfica de 10 centímetros que se desea.

Las rayas y otros peces análogos, que han de ser reproducidos por su dorso o su cara ventral, y no por sus flancos, como los otros peces, pueden ser copiados también, aunque por su envergadura (distancia entre los ángulos externos de las aletas escapulares o pectorales), y por su longitud total, superen los límites de aplicación normal del aparato. Para eso se puede, como en el caso anterior, copiar por separado las mitades anterior y posterior del cuerpo, y en la anterior, que en estos peces adopta la forma de amplio disco, se copia sólo una de las partes, de las dos simétricas, en que el disco está dividido: la izquierda, por ejemplo, puesto que es la que conviene sea copiada en los restantes peces. No hay inconveniente en copiar también sólo la mitad izquierda de la región caudal, pues esta media gráfica o figura obtenida del cuerpo del pez satisface los fines científicos para los que normalmente se emplea. Cuando se trata de estos peces deprimidos, de los cuales sólo se copia la mitad del lado izquierdo del cuerpo, por ser éste muy dilatado y no caber en la anchura de la platina, conviene que la escala dividida de la corredera vertical *L M* (fig. 7) tenga su cero en el extremo superior, porque a ese nivel se coloca el eje longitudinal del pez, y ya hemos visto que es ventajoso que la ordenada de ese eje sea cero. Ese cambio de la posición del cero de esa escala puede lograrse por tres medios: *a)* teniendo escalas de recambio, cada una con el cero de la numeración situado donde convenga; *b)* disponiendo de una escala de posición variable y lo suficientemente larga para que, colocando su cero en el nivel que se desee, presente siempre frente al lado *A C* de la platina porta ejemplar el número de divisiones milimétricas que corresponden a la longitud de ese lado; *c)* teniendo una sola escala fija, pero con tres series milimétricas escritas: una, con el cero arriba; otra, con el cero abajo, y otra, con el cero en medio; d) trazar las escalas por separado en la regla *L L'* en la rama vertical *G' G''* de la escuadra mayor, y, si se juzga conveniente, en la corredera vertical *N'' N'''*.

IV

Descripción de un modelo de ictiopantógrafo normal.—En vista de lo expuesto en la última parte del capítulo anterior, puede admitirse como

un modelo práctico de ictiopantógrafo normal, el que sirva para hacer gráficas de peces cuya longitud total esté comprendida entre 10 y 50 centímetros.

La anchura utilizable puede ser de 30 centímetros y no más, porque no conviene aumentar demasiado las dimensiones del aparato. El que describimos a continuación debe ser, por lo tanto, capaz para copiar directamente, *de una vez*, ejemplares cuyo contorno lateral pueda ser inscrito en un paralelógramo de 30 × 50 centímetros.

Mediante los artificios expuestos al final del capítulo anterior, sirve también este aparato para medir, *en dos o más operaciones*, peces de tamaño mayor, y para hacer, del mismo modo, gráficas de esos ejemplares.

Con el ictiopantógrafo que vamos a describir no se pueden obtener de los ejemplares nada más que reproducciones a tamaño natural o reducido. Por esto podría llamarse ictiopantógrafo reductor o normal, para distinguirlo del modelo aplicado a la obtención de gráficas de 10 centímetros de ejemplares de longitud inferior a esa magnitud, aparato que, por funcionar ampliando, puede llamarse ictiopantógrafo ampliador.

El esquema del aparato en conjunto, y el de sus órganos esenciales, es el que representan las figuras 7, 8 y 9.

Para mejor claridad describiremos, sucesivamente, los distintos órganos y piezas del modelo, aplicándoles las denominaciones que se les ha dado en el capítulo correspondiente a la descripción general del aparato, y haciendo, a la vez, mención de las letras utilizadas para distinguirlos en los esquemas indicados, las cuales figurarán entre paréntesis, a continuación del nombre de la pieza, en el encabezamiento de la descripción de la misma. La solución mecánica dada a los distintos órganos que describimos a continuación puede ser aplicada a los órganos homólogos de los aparatos representados en las figuras 5 y 6, con las modificaciones que requiera la distinta estructura de esos aparatos.

Base.—Es el plano de sustentación del aparato, y debe ser rígido, fijo y horizontal.

Para que sea rígido debe ser de hierro, y, con el fin de que no sea excesivamente pesado, debe estar calado en las partes de su superficie que puedan ser suprimidas sin menoscabo de la fortaleza del conjunto, aumentándose la solidez por medio de relieves crestas o nerviaciones convenientemente estudiadas, como suele hacerse frecuentemente con la base o bastidor de toda clase de máquinas y aparatos.

La horizontalidad y fijeza de posición puede obtenerse por procedimientos también corrientes. Para lo primero, la base podrá apoyarse en el

tablero de una mesa especial, sobre la punta de tres tornillos o de cuatro, que se regularán, al efecto, de una vez para siempre, en cada instalación. A su vez, la mesa puede tener sólo tres patas o, mejor, cuatro, una de ellas de longitud variable, o sea provista de un tornillo apical, cuya punta podrá apoyarse justamente en el punto del suelo que le corresponda, para evitar la posible contingencia de que, por imperfecciones del pavimento, ese punto no esté en el plano determinado por los de sustentación de las otras tres patas.

Es necesaria la horizontalidad de la base del aparato porque, como gran parte de los elementos del mismo marchan sobre ruedas, tendrían esas piezas una tendencia a descender en sentido del nivel menor.

Casi todos los órganos del aparato están situados sobre el plano superior de la pieza básica o de sostén general. Tan sólo queda situado a nivel inferior uno de los órganos: la platina porta ejemplar y sus accesorios. Fácilmente se comprende que el plano básico del aparato ha de estar perforado sobre la platina porta ejemplar, para que sobre ella pueda actuar la punta del carro de la aguja, al recorrer los puntos de la superficie del pez que se coloca sobre la platina. Dicha perforación, en nuestro modelo, es un rectángulo de 50 × 30 centímetros, o de algunos milímetros más por cada lado, para el mejor aprovechamiento de la citada superficie de utilización normal.

Platina porta ejemplar (fig. 7 *A B C D*).—Está situada, como se ha dicho, en un plano inferior al de la base o placa de sustentación general del aparato, y precisamente debajo de la abertura rectangular de 50 × 30 centímetros a la que acabamos de referirnos. Las dimensiones de la platina son de 70 × 70 centímetros, para que puedan colocarse en ella ejemplares de talla mayor, de los que se miden o copian por operación repetida.

Dicha platina está destinada a servir de soporte al ejemplar sobre el cual se opera, y, como se verá seguidamente, podrá ser colocada a alturas distintas, y según diferentes inclinaciones, para el mejor funcionamiento del aparato, por las razones siguientes:

Como los peces que se colocan sobre la platina pueden variar bastante por el grosor de su cuerpo, es conveniente que la distancia entre la platina y la placa basal del aparato pueda ser regulada en relación con ese grosor, para poner los puntos de la superficie del cuerpo del pez lo más cerca posible del plano superior del aparato, donde está el campo visual del operador. No podrían colocarse los grandes ejemplares sobre la platina si no hubiese separación suficiente entre ella y la placa basal del aparato; pero, por otra parte, no conviene conservar invariablemente esa má-

xima separación, porque cuando hubiese que operar sobre un pez de espesor reducido, quedaría éste demasiado bajo respecto del nivel del plano de situación de la placa basal indicada, circunstancia que dificultaría la apreciación de los pequeños accidentes superficiales que puede ser necesario observar en la superficie del pez, dificultad que aumentaría en los peces pequeños.

Determinados peces deprimidos, como las rayas y lenguados, así como otros de forma excesivamente alargada, como los ápodos, pueden ser colocados sin inconveniente sobre la platina porta ejemplar, estando ésta en posición horizontal, porque puestos los ejemplares en semejante posición natural de reposo (sobre la superficie ventral, las rayas, y sobre su flanco, los lenguados y ápodos), el eje longitudinal del cuerpo de estos peces es casi paralelo a la placa basal del aparato, condición necesaria para que ellos puedan ser medidos y copiados con exactitud.

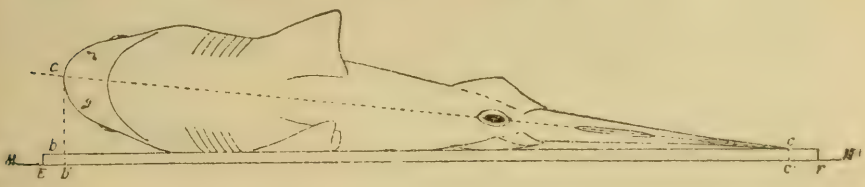


Fig. 10.

Pez de forma corriente (de cuerpo engrosado en la parte anterior y comprimido en la región caudal) colocado, para su copia, en posición defectuosa sobre la platina porta ejemplar *EF*, a causa de la horizontalidad de ésta.
ac, eje longitudinal del cuerpo del pez.—*MN*, intersección con el plano del dibujo del plano horizontal de proyección del pez.—*b'* y *b'*, proyecciones verticales del extremo anterior *a* del eje longitudinal del pez sobre la línea superior de la sección de la platina porta ejemplar *EF* y sobre la línea *MN*.—*c'*, proyección del extremo posterior *c* del eje longitudinal del pez sobre la línea *MN*.—Es evidente que $ac > bc$ y como $bc = b'c'$, resulta que $ac > b'c'$.

La inmensa mayoría de los peces restantes no pueden colocarse sobre la platina, estando ésta en posición horizontal, porque en su posición natural de reposo, apoyados sobre un flanco y siendo el cuerpo mucho más grueso al nivel del origen del tronco que en la región caudal, tienen su eje longitudinal *a c* inclinado respecto del plano de la placa basal del aparato (figura 10) (1), y, por lo tanto, no paralelo al plano horizontal *M N* en que se considera proyectado el cuerpo del pez, por lo que la proyección de ese eje sobre el último plano será una línea más corta que el eje mismo y no servirá para dar la medida de éste. Para colocar el pez en la posición de-

(1) Por imperfección del grabado de la figura 10 la letra *a* parece una c.

bida hay que levantar lo que sea preciso, del lado caudal, la platina *EF* en que yace el ejemplar, dándola una inclinación de valor idéntico al del ángulo que antes formaba con el horizonte dicho eje inclinado, el cual por esto será, al fin, paralelo al plano operatorio del ictiopantógrafo, o sea al plano de proyección *MN*, como es debido (fig. 11).

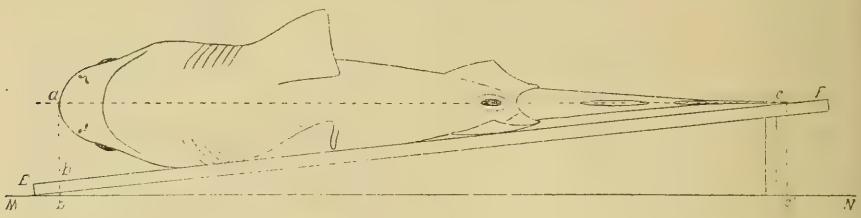


Fig. 11.

El mismo pez de la fig. 10 colocado sobre la platina porta ejemplar, estando ésta en la inclinación debida, o sea, levantada del extremo *F*, formando con la línea *MN* un ángulo igual al *acb* que el eje longitudinal *ac* forma con la cara superior de la platina porta ejemplar. Es evidente que el eje longitudinal *a c* tiene igual longitud que su proyección *b'c'* sobre la línea *MN*.

El mecanismo para obtener las distintas alturas e inclinaciones de la platina está representado en la figura 12.

La platina *EF* está situada entre cuatro sostenes o prolongaciones (de los cuales sólo se ven dos en la figura: los *AC* y *BD*) que arrancan de la cara inferior de la placa *AB* o base general del aparato, y en las que están los cojinetes que sostienen a los ejes *O* y *P*, cada uno de los cuales lleva dos excéntricas igualmente orientadas (en la figura sólo se ven dos: la *G* correspondiente al eje *O*, y la *H* perteneciente al eje *P*), o sea cuatro en total, en las cuales se apoya la platina *EF*.

Se puede hacer girar a cada uno de los ejes, y, por consiguiente, a las correspondientes excéntricas, valiéndose de las respectivas manivelas *M* y *N*. Las excéntricas quedan en la posición en que se las abandona, porque los ejes están ajustados en los cojinetes a rozamiento duro.

En la figura 12 aparece la excéntrica visible del eje *P* dirigida hacia arriba, y la del eje *O* hacia abajo, de modo que la platina que se apoya en ellas muestra su máxima posición de descenso hacia el último eje.

Las líneas de puntos de la figura representan un nuevo estado de posición de las manivelas y de las excéntricas, las cuales sostienen en este caso a la platina en posición horizontal y a una de las diferentes distancias que la pueden separar de la placa basal *AB* del aparato.

Con el fin de que la platina no pueda sufrir desplazamientos de derecha a izquierda, presenta en uno de sus cantos, cerca del extremo *E*, un

tornillo *I*, cuyo cuello puede resbalar a lo largo de una rendija o caja *J* practicada en el soporte *AC*, y que al ser apretado asegura la inmovilidad de la platina, cuando ésta ha sido puesta en la posición deseada.

Los ejemplares de peces no se colocan directamente sobre la platina, sino en tableritos de soporte especiales, que se fijan por medio de pinzas

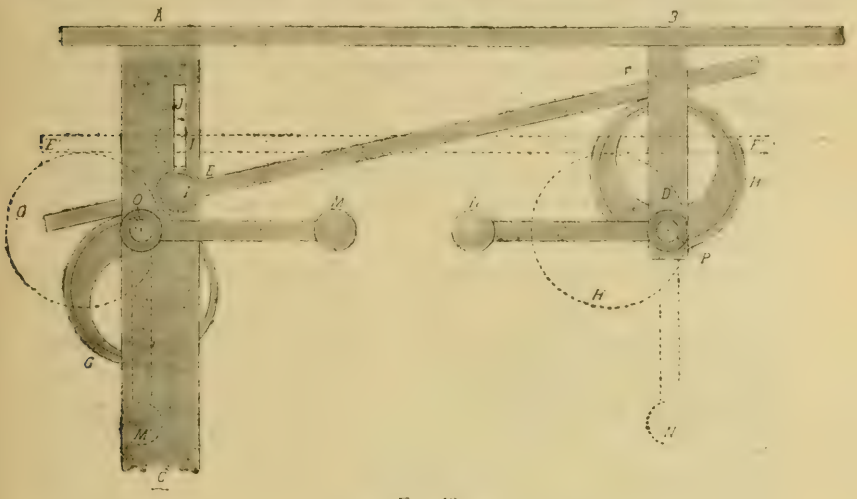


Fig. 12.

Platina porta ejemplar y sus accesorios, vista de lado.

AB, placa basal del aparato.—*EF*, platina porta ejemplar.—*G* y *H*, dos de las cuatro excéntricas en que se apoya la platina porta ejemplar.—A cada una de las excéntricas acompaña otra exactamente igual, calada en el mismo eje, orientada en el mismo sentido y situada en plano posterior, por lo que no se ve.—*O* y *P*, ejes respectivos de las excéntricas *G* y *H*, que se ajustan en sus cojinetes a rozamiento duro.—*AC* y *BD*, piezas o sostenes unidos a la placa basal *AB* del aparato y en las que están las perforaciones en que se ajustan los ejes de las excéntricas. Estas piezas son cuatro; pero sólo se ven las dos frontales que ocultan a otras dos, respectivamente iguales, que están en plano posterior.—*M* y *N*, manivelas de los respectivos ejes *O* y *P*, mediante las cuales puede modificarse la posición de las excéntricas. *J*, ranura o caja practicada en el sostén *AC* y en la que ajusta el cuello del tornillo *I*.—*I*, cabeza de un tornillo que entra en el flanco de la platina *EF*, y que mediante el apriete del mismo permite fijar la posición de la platina a la altura de cualquiera de los puntos de la carrera que el tornillo recorre a lo largo de la ranura o caja *J*.—Las líneas de puntos indican una de las distintas posiciones horizontales que puede ocupar la platina y las correspondientes posiciones de las excéntricas y manivelas.

análogas a las que se utilizan para sujetar los porta objetos a la platina de los microscopios. Dichas pinzas, que no están representadas en la figura, encajan por sus vástagos en agujeritos situados donde convenga, según el tamaño de los tableros de soporte que se empleen.

Corredera horizontal principal (fig. 7, *L'' L''' M'*).

Consta de la corredera propiamente dicha *L'' M'* y de una regla dividida en milímetros *L'' L'''*.

La *corredera* se apoya directamente sobre la base del aparato. Su sección transversal tiene forma de *T* (fig. 14, *T)*. La verdadera corredera es la parte que corresponde al trazo transverso *tr tr* de la *T*, siendo el resto la lámina vertical *lm* y el pie *ps ps* de sustentación. La cara superior de la corredera presenta una banda central acepillada y alisada separada de cada borde por un surco practicado para ahorrar masa y facilitar el labrado de la zona central. Los costados y una banda de la cara inferior de la corredera están análogamente alisados. La banda superior y las laterales son las superficies sobre que corren las ruedecillas *RL* y *RC* de la rama horizontal de la escuadra mayor; la banda inferior es la superficie en que se apoya la zapata *Z* del freno de dicha escuadra, que será descrito más adelante. Las relaciones de la corredera con el freno y las ruedas referidas se ven en las figuras 13 y 14.

En cada extremo de la corredera hay un tope que limita el curso de la escuadra mayor. En la figura 13 se ve uno de esos topes, el *L'*.

La *regla dividida R.* (figuras 13 y 14) que acompaña a la corredera, está sostenida en la lámina vertical *lm* de esta última por medio de palomillas *P;* tiene una longitud de 50 centímetros y está dividida en milímetros, con el cero en el extremo de la izquierda (figura 13).

Corredera vertical milimetrada (fig. 7, LL'M).

Está destinada a suministrar apoyo a la rama vertical de la escuadra menor, y es como la que acabamos de describir, pero más corta.

La regla que la acompaña tiene sólo 30 centímetros (en el modelo que describimos, no en la fig. 7) de longitud y está dividida en milímetros, pero con el cero en la mitad de su longitud, a partir del cual se cuentan las unidades en sentidos opuestos: 15 sobre el cero y 15 bajo el mismo. Podrá ser conveniente que el cero de esta escala ocupe posición distinta, de acuerdo con lo expuesto en la página 172.

Correderas horizontal y vertical sencillas o no milimetradas (fig. 7, *NN'* y *N''N'''*).

Son mucho más estrechas que las anteriores, y están destinadas a suministrar respectivamente apoyo al extremo *G'* de la rama vertical de la escuadra mayor y al *G* de la rama horizontal de la escuadra menor. Estas correderas no presentan alisada más que la cara superior, que es por la que corre la única rueda que hay en el extremo de la rama citada en ambas escuadras.

Escuadra mayor (fig. 7, *G'G''E'*).

Consta de las siguientes partes: la escuadra propiamente dicha *G'G''E'*, los rodajes (no representados en la figura 7), la rampa mayor *E'H'*, el arco graduado *J'T'*, el índice *F'* y el freno, que tampoco está representado en la figura 7.

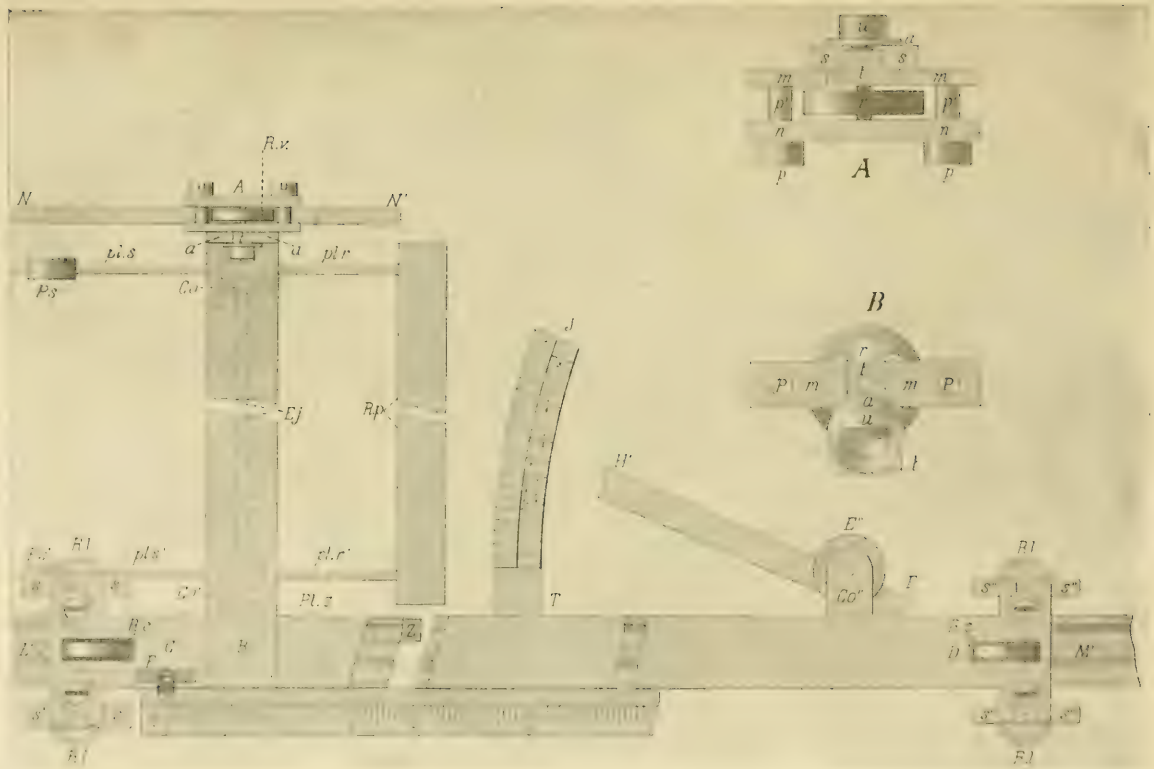


Fig. 13

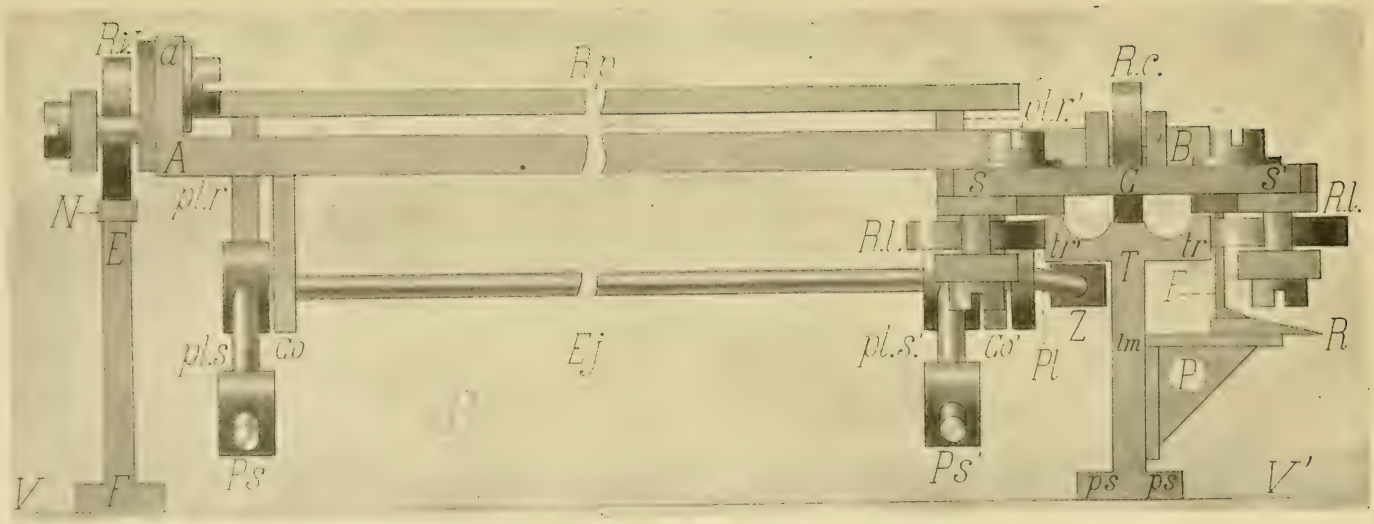


Fig. 14.—Escuadra mayor vista por el canto izquierdo de su rama vertical *AB* y accesorios de la misma visibles en esta nueva posición. Las letras de esta figura tienen el mismo significado que las de la fig. 13, sin más diferencias que las que se indican a continuación.

C, extremo de la izquierda de la rama horizontal de la escuadra mayor. En esta figura no está representado el tope *L'* que se ve en la figura anterior y que limita, por el extremo *L'* de la corredera horizontal principal *L'M'*, el curso de la escuadra mayor sobre la corredera.—*N*, extremo de la izquierda de la corredera horizontal sencilla. *E* y *F*, soporte *E* y su pie *F*, de la corredera horizontal sencilla.—*T*, corredera horizontal principal, con el centro de su cara superior provisto de una banda alisada, sobre la que corre la rueda *R.c.*—*tr'* y *tr*, costados de la corredera horizontal principal, cuyas superficies son bandas alisadas sobre las que corren las ruedas laterales *Rl*. Debajo de *tr'*, en la cara inferior de la corredera horizontal principal, está la banda acepillada en la que actúa la zapata *z* del freno de la escuadra mayor. *lm* y *ps ps*, lámina vertical o soporte *lm*, y su pie *ps ps*, de la corredera horizontal principal.—*P*, una de las palomillas que se fijan al soporte *lm* de la corredera horizontal principal y que están destinadas a sostener a la regla dividida *R*.—*VV'*, línea que indica la posición de la placa basal del aparato.

Fig. 13.

Escuadra mayor y sus accesorios vistos por encima. Las piezas largas se han partido, para reducir la figura.

AB, rama vertical de la escuadra mayor.—*CD*, rama horizontal de la misma.—*L'M'* corredera horizontal principal.—*L'*, tope que limita la carrera de la escuadra por el extremo izquierdo de la corredera principal. Hay otro tope igual en el extremo de la derecha de la misma corredera, pero que no se ve en la figura.—*R*, regla dividida en milímetros unida a la corredera horizontal principal.—*F*, índice de la escuadra mayor destinado a apreciar los desplazamientos laterales de ésta respecto de la regla dividida *R*.—*ss*, *s's'*, *s''s''* y *s'''s'''*, horquillas para colocar las ruedas ajustables *Rl* que hay en los extremos de la rama horizontal *C* y *D* de la escuadra mayor.—*aa*, horquilla para colocar la rueda ajustable *Rv* en el extremo *A* de la rama vertical de la escuadra mayor.—*Rl*, ruedas ajustables que se fijan a los extremos de la rama horizontal de la escuadra mayor, por medio de las horquillas antes citadas. Estas ruedas están situadas en un plano horizontal y corren a lo largo de los costados de la corredera *L'M'*.—*Rv*, rueda ajustable sujeta en el extremo *A* de la regla vertical de la escuadra, por medio de la horquilla *aa*. Esta rueda está situada en un plano vertical y corre sobre la cara superior de la corredera sencilla *NN'* (N de la fig. 14). - *Rc*, Ruedas centrales, situadas en un plano vertical, que en unión de las ruedas ajustables laterales *Rb* completan cada uno de los rodajes que hay en los extremos *A* y *B* de la rama horizontal de la escuadra mayor.—*NN'*, corredera horizontal sencilla en la que se apoya, mediante la rueda ajustable *Rv*, el extremo superior *A* de la rama vertical de la escuadra mayor.—*JT'*, porción basal del arco de la escuadra mayor. Las divisiones que muestra en su borde convexo son grados de circunferencia; los trazos que muestra en su borde cóncavo corresponden a las divisiones que debe ocupar la rampa *H'E'* para obtener con el aparato còpias de los ejemplares desde tamaño natural a la reducción de un décimo. El primer trazo que se ve en la figura, en la parte superior de la porción del arco, corresponde a reducción de $^1/_3$. - *H'E'*, rampa mayor, con la arista *H' E'* pasando por el centro del disco *E'''*.—*E'''*, disco cuyo eje sirve de centro de giro a la rampa *H'E* en las dos distintas posiciones de inclinación que ésta puede ocupar.—*Co''*, Cojinete que recibe al eje del disco *E'''* y que está adherido a la rama horizontal de la escuadra mayor, cerca del extremo *D* de esta. - *Rp*, reglilla de presión del freno de la escuadra mayor.—*Pl.r'*, y *Pl.r*; palancas que enlazan a la reglilla anterior con el eje del freno.—*Ej*, eje del freno de la escuadra mayor.—*Co* y *Co'*, prolongaciones que nacen de la cara inferior de la rama vertical *AB* de la escuadra mayor y en las que están los cojinetes del eje del freno de esa escuadra.—*Pl.z*, palanca que sostiene la zapata del freno de la escuadra mayor y que está calada en el eje de dicho freno.—*Z*, zapata del freno de la escuadra mayor, que actúa sobre la banda alisada de la cara inferior de la corredera horizontal principal *L'M'*.—*Ps* y *Ps'*, pesos que producen la acción del freno de la escuadra mayor y cuya potencia puede regularse según el lugar que ocupen sobre las respectivas palancas *Pl.s* y *Pl.s'*, a lo largo de las cuales pueden correr, a rozamiento duro.— *Pl.s* y *Pl.s'* palancas que se unen al eje del freno y que sirven para sostener los pesos *Ps* y *Ps'* citados.

Fig. 13 A y B.

Modelo de rueda provista de armadura, que se ajusta a las piezas del idiopantógrafo por medio de horquillas parecidas a las de la serie *ss* que se ven en las fig. 13 y 14. En A se ve esta rueda en posición vertical y en B en posición horizontal.

mm y *nn*, pletinas o piezas prismáticas alargadas, que forman la parte principal de la armadura de la rueda *r* y en cuya parte media están los cojinetes del eje de ésta.—*p* y *p*, pernos que enlazan ambas armaduras *mm* y *nn*, entrando a rosca en la pieza *mm* de la armadura y presentando cabeza de tornillo por el extremo opuesto correspondiente a la pieza *nn* de la armadura.—*p'* y *p'*, cilindros atravesados por los pernos *p* y *p*, que mantienen la separación debida entre las piezas *mm* y *nn* de la armadura de la rueda.—*t*, es un talón o prolongación lateral de la parte media de la pieza *mm* de la armadura, que tiene una elevación prismática a lo largo del centro de su propia cara superior y mediante la cual se ajusta perfectamente entre las prolongaciones *s* y *s* que forman horquilla en las partes del aparato en que haya de colocarse una de estas ruedas. Las prolongaciones *ss* aparecen de frente en la fig. 13 A y no están representadas en la fig. 13 B.—*u*, es un tornillo que tiene su hembra en el talón *t*.—*a*, es una arandelita fuerte, que bajo la acción del tornillo *u* fija la armadura de la rueda a la horquilla, apretando fuertemente a las ramas *s* y *s* de esta última entre la propia arandela y la pieza *mm*.

La escuadra propiamente dicha (figuras 13 y 14) está constituída por una rama o regla vertical *AB*, y otra rama horizontal *CD* (en la figura 14 sólo se ve el extremo *C* de esta rama).

La rama vertical de la escuadra mayor, representada por su sección transversa en *Rm. v.* (fig. 16) presenta seis bandas alisadas: tres en la cara superior, una en cada flanco, y otra en la cara inferior.

La banda del centro de la cara superior de la rama citada puede estar dividida en milímetros, supliendo a la escala dividida de la corredera menor. En este caso el carro de la aguja, que corre a lo largo de esa rama de la escuadra mayor, estará provisto de un índice *F'*, mediante el cual se podrá determinar la posición que el carro ocupa sobre la escala. Puede ser útil conservar ambas escalas paralelas: la de la corredera vertical y la de la rama vertical de la escuadra. Así una de ellas tendría el cero en la parte media y serviría para el funcionamiento normal del ictiopantógrafo, al paso que la otra podría destinarse a los casos especiales, teniendo escritas dos numeraciones cruzadas, partiendo de cada uno de los extremos de la regla, desde el valor cero.

A cada lado de esta banda central, y separadas de ella por una depresión o surco, están cada una de las bandas estrechas sobre las que han de correr las ruedas verticales *R. v* del carro de la aguja.

Las bandas de los costados forman un bisel que mira hacia abajo. Por ellas corren las ruedas oblicuas *R. o.*

Finalmente, la banda inferior alisada es la superficie en que se apoya la zapata *Z* del freno del carro.

Con el fin de asegurar una mayor rigidez al conjunto de la escuadra, es conveniente unir sus dos ramas por medio de una reglilla oblicua.

La escuadra se apoya por medio de tres *rodajes* sobre sus correspondientes correderas. Uno de éstos está constituído por una sola rueda vertical *R. v.*, provista de una armadura atornillada al extremo *A* de la rama vertical de la escuadra. Los otros dos rodajes están en los extremos *C* y *D* de la rama horizontal de la escuadra. Cada uno de estos dos últimos rodajes está formado por una ruedecilla central *R. c.*, situada en un plano vertical, que corre sobre la banda central alisada de la corredera horizontal milimetrada *L'M'* (*T* en la figura 14), y por dos ruedecillas laterales *R. l.*, situadas en plano horizontal, que son las que corren por los costados acepillados de la citada corredera *L'M'*.

La necesidad de que la escuedra resbale sobre sus correderas mediante el mínimo esfuerzo, obliga a facilitar sus movimientos por medio de ruedas, y como, por otra parte, es también condición precisa, para el buen funcionamiento del aparato, que la escuadra se ajuste en todo momento a

sus correderas, sin holguras de ninguna clase, es preciso, no sólo que las correderas estén perfectamente acepilladas y alisadas, sino que las ruedecillas estén escrupulosamente torneadas, que sus ejes no tengan juego en los cojinetes y que sus centros estén tan exactamente situados, que todas ellas, constantemente, tengan su superficie rodante tangente a la respectiva superficie de su correspondiente corredera, apoyándose en la misma con la menor presión posible.

Tal ajuste puede lograrse poniendo esmero en la construcción del aparato; pero éste, con el uso, no tardaría en sufrir desgastes, produciéndose holguras de laborioso remedio. Por eso las ruedecillas deben constituir piezas ajustables a voluntad, cuando se considere oportuno.

Una de estas ruedas ajustables está representada, por separado, en la figura 13, en dos posiciones distintas, en *A* y *B*. Como se ve, la rueda *r* está provista de una montura parecida a la de una polea, constituída por dos placas alargadas *mm* y *nn*, enlazadas por dos pernos de tornillo *p* y *p*. En esas placas están perforados los cojinetes del eje de la rueda, y una de ellas, la *mm*, presenta en su centro una prolongación elevada o saliente prismático *t*, alargado en sentido perpendicular al del eje mayor de la placa *mm*, y cuyo saliente o talón sirve para unir la armadura a la escuadra, pues parte de él entra justa en el espacio comprendido entre dos prolongaciones *ss* (en las figs. 15, 16 y 17 estas prolongaciones son *aa'*, *bb'*, *cc'* y *dd'*) que forman una especie de horquilla y que están situadas en cada uno de los sitios de la escuadra en que han de ser colocadas las ruedecillas, las cuales se fijan a las respectivas horquillas mediante el apriete del tornillo *u*, que está provisto de una arandela *a*.

En cada uno de los extremos *C* y *D* de la rama horizontal de la escuadra, pueden verse dos de esas horquillas, con sus ruedecillas ajustadas, y lo mismo en el extremo superior *A* de la rama vertical de la escuadra, si bien ahí se ve esa horquilla, como la rueda, en posición vertical.

Cada una de las ruedecillas centrales *R c* tiene los extremos de su eje sostenidos en cojinetes que son parte integrante de cada uno de los extremos *A* y *B* de la rama horizontal de la escuadra mayor. Sin embargo, estas ruedas sencillas pueden remplazarse por las del modelo ajustable descrito, por las que tienen armadura; pero para eso sería necesario que en los extremos de la regla horizontal de la escuadra mayor existiesen las correspondientes horquillas, semejantes a las formadas por el par de piezas *s s* que se ven en el modelo de rueda ajustable representado en la parte superior derecha de la fig. 13.

El arco graduado (figs. 7 *T' J'* y 13 *T J*) está dividido por su borde convexo en 45 grados de circunferencia. En su borde cóncavo presenta

unas divisiones o trazos que corresponden a distintos grados de inclinación que puede ocupar la rampa para obtener copias desde el tamaño del modelo hasta una reducción al décimo.

El arco está unido por su extremo inferior *T* a la rama horizontal *C D* (fig. 13) de la escuadra mayor, y también se une a la reglita que a modo de puntal cruza entre ambas ramas de la escuadra, afirmándolas en su posición recíproca.

La unión entre esa reglilla—que no está representada en la figura—y el arco debe de hacerse de modo que no entorpezca la lectura de grados de éste, ni los movimientos de la rampa, que, en sus distintas posiciones de inclinación, se adapta constantemente a la superficie inferior del arco. Para lograr esto pueden enlazarse ambas piezas mediante un cilindrito que, a modo de travesaño, las mantenga algo distanciadas.

La rampa o regla de inclinación variable (*E′ H′*, figs. 7 y 13), que determina los diferentes grados de reducción que pueden efectuarse con el ictiopantógrafo, o, mejor dicho, su borde o canto superior *E′ H′*, que es el que funciona como verdadera rampa, debe seguir en cualquiera de sus distintas posiciones de inclinación posibles, la dirección de un radio del arco graduado.

Esto se consigue soldando la regla a un disco *E″* (fig. 13) que tiene el mismo centro que el arco, y haciendo la unión de modo que la arista *E′ H′* de la rampa pase por ese centro. El disco tiene un eje que gira en el cojinete *Co*, situado sobre la rama horizontal de la escuadra, cerca del extremo *D* de la misma.

Según se ha dicho ya, la regla o rampa *E′ H′* pasa por debajo del arco graduado, con cuya superficie inferior está siempre en contacto. Con el fin de mantener la rampa en la posición inclinada que se desee, se fija ésta al arco graduado por medio de una garra que coge al borde del arco y lo aprieta contra la regla por medio de un tornillo.

El índice (figs. 7, 13 y 14, *F′*) es una piececita unida al extremo *C* de la rama horizontal de la escuadra, que se prolonga hasta tocar a la regla milimetrada de la corredera horizontal, frente a cuyas divisiones presenta una rayita que sirve de línea de referencia para apreciar el valor de los desplazamientos de la escuadra a lo largo de sus correderas.

Como se ve en la figura 13, esta pieza está sujeta a la rama horizontal de la escuadra por medio de dos tornillos, cuyos cuellos ajustan en ranuras existentes en la plaquita basal del índice, el cual puede ser colocado en la posición que se desee, hacia la derecha o hacia la izquierda, quedando inmóvil donde se le deje, porque los tornillos le retienen con cierta presión.

Fig. 15.

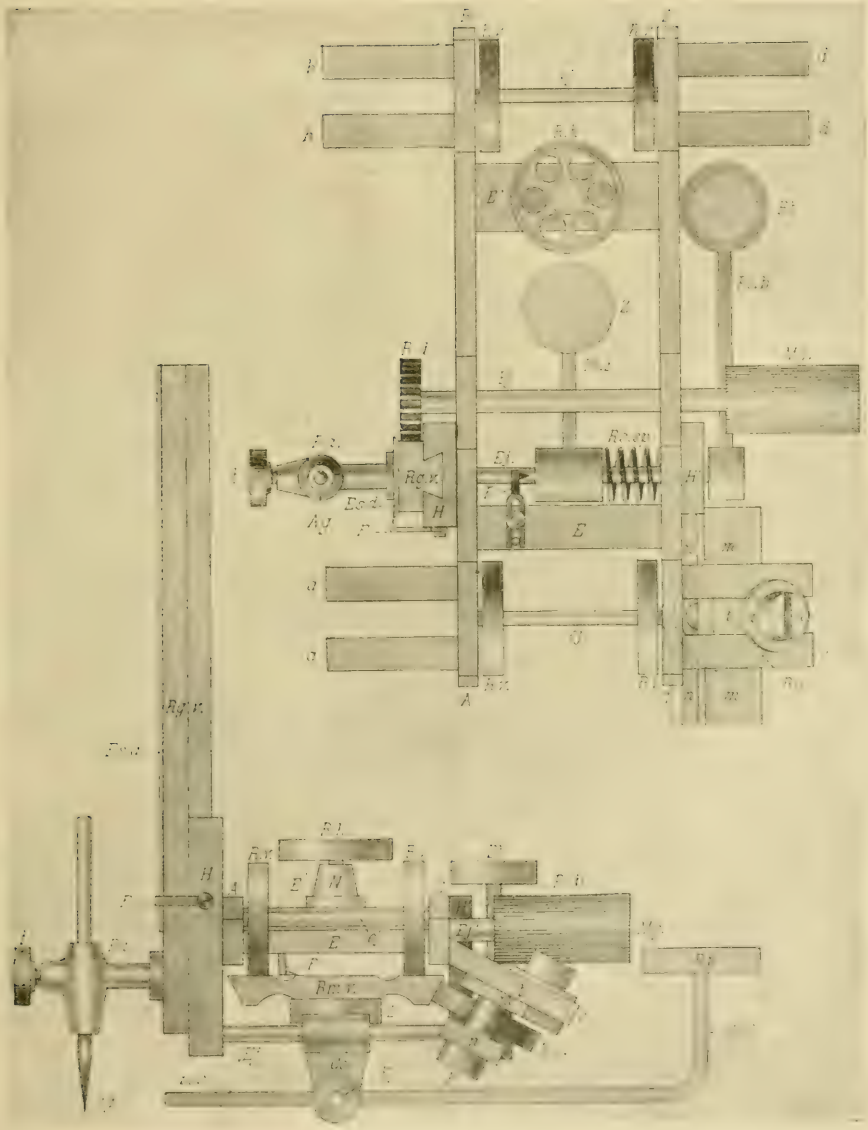


Fig. 16.

El freno de la escuadra mayor (figs. 13 y 14) está destinado a mantener fija la posición de la escuadra sobre sus correderas cuando lo requiera el funcionamiento del aparato. El mecanismo del freno está unido a la escuadra y actúa contra la corredera horizontal milimetrada.

Las partes del freno son: la palanca, la zapata, el eje, los cojinetes, la regleta de presión y los contrapesos (figs. 13 y 14).

La zapata *Z* actúa sobre la banda alisada de la cara inferior de la corredera milimetrada horizontal. La palanca *Pl.z* sostiene por uno de sus extremos a la zapata, y por el otro se fija en el eje *Ej* del freno. Este es paralelo a la rama vertical *A B* de la escuadra y está sostenido por los cojinetes *Co* y *Co'*, soldados a la cara inferior de esa rama. La regleta de presión *Rp* es paralela a la citada rama vertical de la escuadra y está situada a la altura del bastidor o chasis del carro de la aguja que corre sobre esa rama. En esa regleta se ejerce la presión que se necesita para soltar el freno, operación que puede efectuarse en cualquier posición del carro de la aguja, sin necesidad de soltar éste de la mano, gracias a la longitud de esta regleta, que siempre ofrece un punto donde ejercer presión con el dedo, esfuerzo que se tramite por las palancas *pl. r* y *pl. r'*, propias de la regleta de presión, al eje *Ej* y de éste al freno propiamente dicho.

Ps y *Ps'* son contrapesos unidos también al eje *Ej* por medio de sus palancas respectivas *pl. s* y *pl. s'*, que están destinados a mantener apretado el freno. Podrá regularse la presión del freno, ne sólo por el peso de estas piezas, sino por la distancia que las separa del eje del freno.

Escuadra menor (fig. 7, *E G''' G*). Lo dicho respecto de la escuadra mayor y sus accesorios es aplicable a la escuadra menor.

Carro de la aguja (figs. 7, 8 y 9 *X* y figs. 15, 16 y 17)

Fig. 15.

Carro de la aguja visto por encima, con sus accesorios.

AB y *CD*. largueros del châssis.—*E* y *E'*, travesaños del châssis.—*aa'*, *bb'*, *cc'* y *dd'*, horquillas para fijar las ruedas ajustables al châssis. Una de estas ruedas aparece ajustada en la horquilla *cc'*.—*H*, pieza prismática vertical, unida al larguero *AB* del châssis, excavada en caja cuya sección transversal tiene forma de cola de milano, que sirve de corredera a la reglilla vertical *Rg*, *v*, y que forma por su parte inferior uno de los cojinetes del eje *Ej* del freno del carro.—*H'* pieza prismática vertical, unida al larguero *CD* del châssis, situada enfrente de la pieza *H* y que forma por su parte inferior el otro cojinete del eje *Ej* del carro.—*R. o*, una de las cuatro ruedas oblicuas que corren a lo largo de los biseles de la rama vertical de la escuadra mayor (cuya rama no está representada en esta figura; pero lo está, vista en sección transversal, en la fig. 16 y de lado en la fig. 17). La única rueda oblicua *R. o* que se ve en la fig. 15, tiene su armadura en la horquilla *cc'* y está representada por línea de puntos.—*mm' nn'* y *t*, armadura de la rueda oblicua *R. o*.—*a* y *u*, arandela y tornillo que se utilizan para ajustar la armadura de la rueda oblicua *R. o* a la horquilla *cc'*.—*Rv Rv* y *Rv' Rv'*, ruedas verticales caladas por pares, respectivamente, en los ejes *ej* y *ej'*, como las ruedas de un vagón, que giran en cojinetes situados en los largueros del châssis y que corren a lo largo de las bandas alisadas laterales de la cara superior de la rama vertical de la escuadra mayor.—*Rh*, rueda horizontal, cuyo eje vertical es solidario de un núcleo cónico *N* (no visible en esta figura, pero sí en las figuras 16 y 17) que yace sobre el travesaño *E'* del châssis.

Esta rueda corre a lo largo del canto o borde inferior de la rama horizontal de la escuadra menor, reduciendo al mínimo el rozamiento entre ésta y el carro de la aguja.—*ag*, aguja destinada a determinar la posición de los puntos que han de ser copiados en el cuerpo del pez.—*Pa*, portaaguja o pieza en forma de grifo, provista de una perforación vertical en la que se coloca la aguja *ag*.—*t*, tornillo de presión destinado a sujetar la aguja *ag* en la pieza *Pa*.—*Rg. v*, reglilla vertical, que se mueve de arriba a abajo a lo largo de la corredera *H*, ajustándose a la caja de ésta por medio de un largo talón cuya sección transversal tiene la misma forma de cola de milano que la de la sección de la caja de la pieza *H*. En la parte inferior de esta reglilla está el portaaguja *Pa*. En uno de sus cantos presenta, atornillada o labrada, una cremallera *cr* que sólo se ve en la fig. 17.—*Es. d*, escala dividida adosada a la cara frontal de la regla vertical *Rg. v* y cuyo cero está situado en la parte inferior. Esta escala permite verificar medidas de espesor en el cuerpo de los peces.—*F*, índice atornillado en el soporte *H*, destinado a apreciar el valor de los desplazamientos verticales de la reglilla *Rg. v*. Este índice señala el cero de la escala *Es. d* cuando la reglilla *Rg. v* está en la posición más elevada y cuando la aguja *ag*, convenientemente regulada, toca con su punta a la superficie de la platina porta ejemplar, suponiendo a ésta también colocada en la máxima altura y en posición horizontal.—*F'*, índice del carro de la aguja. Se pone cuando hay escala dividida en la rama vertical *Rm. v* de la escuadra mayor sobre la que circula el carro. Este índice está unido al travesaño *E* por medio de una horquilla que abraza al cuello de un tornillo y a una espiga que entran en dicho travesaño y que no permiten al conjunto de la pieza que constituye el índice más movimiento que uno lineal, el de la seriación de los grados de la escala. De este modo se puede regular con precisión la posición del índice y dejarlo fijo sujetándolo con el tornillo referido.—*Rd*, rueda dentada o piñón que engrana en la cremallera *Cr* de la reglilla vertical *Rg. v*, produciendo los movimientos de ascenso y descenso de ésta.—*Ej'*, eje de la rueda dentada *Rd*, sostenido por los largueros *AB* y *CD* del châssis del carro de la aguja.—*Mg*, manguillo calado en el eje *Ej'*, que se maneja con el pulgar y el dedo índice o el medio y que sirve para hacer girar a la ruedecilla dentada *R.d*.—*Bt*, botón de presión del freno del carro. Este botón debe oprimirse con el dedo medio o con el anular.—*Pl.b*, palanca que une al botón de presión *Bt*, con el eje. *Ej*, del freno del carro.—*Ej*, eje del freno del carro.—*Z*, zapata del freno del carro. Esta zapata actúa sobre la banda central alisada de la cara inferior de la rama vertical *Rm. v* de la escuadra mayor, como se ve en las figs. 16 y 17. En la fig. 15 no está representada esa rama *Rm. v*.—*Pl.z*, palanca que une a la zapata *Z* del freno con *Ej*, el eje del mismo.—*Rs. sp*, resorte espiral que produce la presión del freno del carro de la aguja.

Fig. 16.

Carro de la aguja visto por uno de sus frentes, con sus accesorios y parte de la escuadra mayor y del freno de ésta. En esta figura se han suprimido, en pro de la simplificación y de la claridad, la horquilla *a a* y el resorte espiral *Rs. sp* del freno del carro. Las letras iguales de esta figura y de la fig. 15 tienen idéntica significación. Las letras distintas de la fig. 16 significan lo siguiente:

Rm. v, rama vertical de la escuadra mayor representada en sección transversal y a lo largo de la cual corre el carro de la aguja. Las bandas alisadas de esa rama aparecen también en sección transversal. La del centro de la cara superior presenta la escala dividida mediante la que se conoce el valor de los desplazamientos del carro a lo largo de la rama *Rm.v*, valor que señala el índice F' solidario del carro de la aguja. Por las bandas laterales de la cara superior corren las ruedas verticales *R.v*; por las laterales, que forman bisel, corren las ruedas oblicuas ajustables *R.o.*, de las cuales sólo se ve una en la figura. En la cara inferior sólo existe la banda alisada central, sobre la que actúa la zapata *Z* del freno del carro.—*R. p.* reglilla de presión del freno de la escuadra mayor (todos los órganos de éste se ven en las figs. 13 y 14). Esta reglilla se oprime con el dedo anular o meñique,—*pl. r*, palanca que sostiene a la regla de presión *R. p.* y que se une al eje *Ej''* del freno de la escuadra mayor.—*Ej''*, eje del freno de la escuadra mayor, sostenido en cojinetes situados en un par de prolongaciones que arrancan de la cara inferior de la rama vertical *Rm. v* de esa escuadra.—*Co*, prolongación que arranca de la cara inferior de la rama vertical *Rm. v* de la escuadra, situada cerca del extremo superior de esa rama y donde está uno de los cojinetes del eje *Ej''* del freno de la escuadra mayor.—*pl. s*, porción basal da la palanca que sostiene a uno de los pesos que producen la presión del freno de la escuadra mayor y cuyos pesos *Ps* y *Ps'* están representados en las figs. 13 y 14.

Consta del bastidor o chasis, de los rodajes, del soporte de la aguja, de ésta y del freno. Además, puede tener un índice.

El chasis consta de dos piezas largas laterales *A B* y *C D*, enlazadas por dos cortas *E* y *E'* transversales. De los extremos de las piezas laterales, hacia afuera y un poco hacia abajo, nacen los pares de prolongaciones prismáticas *aa'*, *bb'*, *cc'* y *dd'*, entre cada dos de las cuales queda un espacio en el que ajusta el talón de la armadura de las ruedas ajustables que ya hemos descrito.

Forman también parte del chasis un par de piezas prismáticas verticales *H H'* que sirven de apoyo al mecanismo del freno, y una de ellas, además, al soporte de la aguja.

Las ruedas son nueve: cuatro verticales, cuatro oblicuas y una horizontal (figs. 15, 16 y 17).

Las verticales *R. v* están colocadas por parejas, en dos ejes, como las ruedas de un vagón, y cumplen la misión de sostener al carro de la aguja, apoyándose en las bandas alisadas laterales de la cara superior de la rama vertical *Rm.v* de la escuadra mayor.

Las ruedas oblicuas *R. o* son del tipo de las ajustables, de las que están provistas de armadura y corren por los viseles de la rama vertical de la escuadra mayor.

Una de estas ruedas se ve en las figuras, ajustada entre las prolongaciones *c c'* del ángulo *C* del chasis. En la figura 15, la rueda propiamente dicha se ve en línea de puntos, y en la figura 16 de perfil.

El carro de la aguja, por medio de sus ruedas verticales y oblicuas, que abarcan, sin dejar holguras, a la rama vertical de la escuadra mayor, no puede efectuar más movimiento que el de vaivén a lo largo de esa rama.

La rueda horizontal *R. h* está sobre la traviesa *E'* del carro y se encuentra en un nivel superior al de las restantes partes del mismo, excepto el soporte de la aguja. Esta rueda está destinada a reducir al mínimo el rozamiento entre el carro de la aguja y la rama horizontal de la escuadra menor. En todo momento esta rueda se apoya sobre el canto contiguo rectificado y alisado de esa regla, a lo largo de la cual corre.

El soporte de la aguja consta del portaaguja propiamenente dicho, de la reglilla de desplazamiento vertical y del mecanismo que produce ese desplazamiento.

El portaaguja *P. a* tiene forma de espita o de grifo, posee una perforación vertical, en la que se coloca la aguja *a g* y un tornillo de presión *t* que sirve para sujetar esa aguja. El portaaguja está colocado en la parte inferior de la reglilla vertical *Rg. v*.

La reglilla vertical *Rg. v.* corre a lo largo de la pieza *H* del chasis, la cual presenta una excavación o caja vertical de sección en forma de cola de milano, que sirve de corredera a la parte de la reglilla vertical que se adapta a esa caja.

La reglilla tiene diez centímetros de longitud y siete de amplitud de carrera. Sus movimientos de ascenso y descensos se producen haciendo girar en uno u otro sentido el manguito *Mg.*, cuyo eje tiene en el extremo opuesto una rueda dentada *R. d* que engrana en una cremallera *Cr.* adosada a uno de los costados de la reglilla. Esta puede presentar su frente dividido en milímetros, con el cero de la escala en la parte inferior y el índice *F* de referencia adherido a la pieza de sostén *H.* Por medio de esta división milimétrica pueden apreciarse las medidas de espesor del pez colocado sobre la platina mayor.

El freno es muy sencillo. Consta de dos palancas enlazadas por un mismo eje *Ej.* La palanca *Pl. b.* culmina en un botón *Bt* que es donde se ejerce la presión para soltar el freno; la palanca *Pl. z* sostiene la zapata *Z* del freno, la cual actúa apretándose contra la banda central alisada de la cara inferior de rama vertical *Rm. v.* de la escuadra mayor, produciendo la detención del carro. La presión del freno se produce por la acción de un resorte espiral *Rs. sp.* (fig. 15) situado alrededor del eje del freno.

En el carro de la aguja está la clave de la regulación de los movimientos de las restantes piezas del ictiopantógrafo. El carro se maneja con la mano derecha, cogiendo con el pulgar y el índice el manguito *Mg.*, al que se hace girar lo que sea preciso para colocar la punta de la aguja del carro sobre los puntos del cuerpo del pez cuya posición se trate de determinar. Para mover el carro a lo largo de la rama vertical de la escuadra mayor (dirección de las ordenadas), no hay más que soltar su freno, apoyando el dedo medio sobre el botón *Bt.* Para trasladar el carro de derecha a izquierda (dirección de las abscisas) se pisa con el dedo anular o el pequeño el estribo o regleta de presión *R. p.* del freno de la escuadra mayor, que así puede moverse por soltarse aquél. Recuérdese que la regleta de presión de ese freno flanquea al carro de la aguja en toda la extensión de la carrera que éste puede recorrer a lo largo de la rama vertical de la escuadra mayor. Para poder mover el citado carro en todos sentidos no hay más que soltar ambos frenos, y para inmovilizarlo, basta con dejar de apretar el botón y la regleta de presión de los respectivos frenos, con lo cual éstos ejercen su acción.

Brazo portalápiz (fig. 7, *Z Z'*). Consta del bastidor, el patín y la palanca portalápiz (fig. 18).

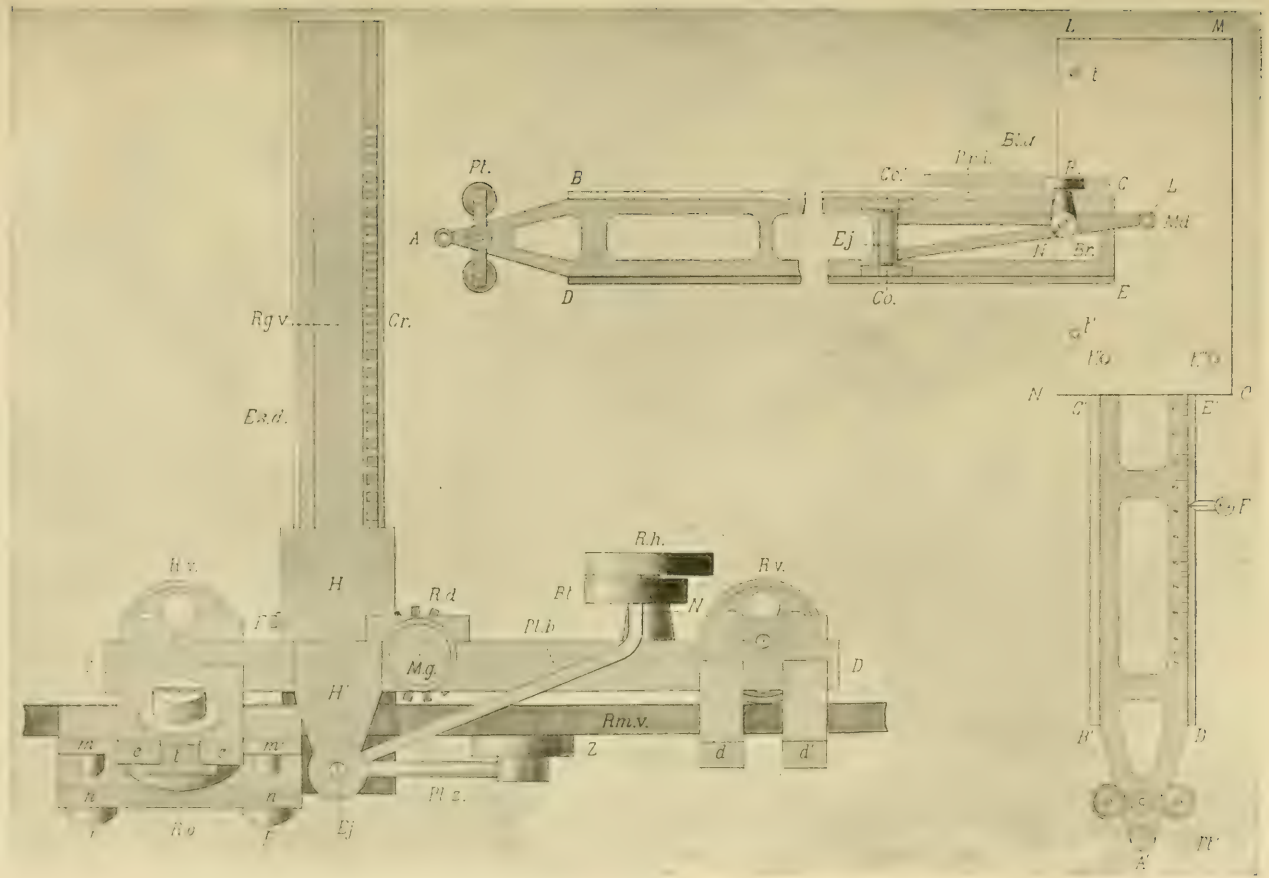

L.
M
t
Pt.
B
A
D
Co.
Ej
Br.
C
L
Md
E
Rg.v.
Cr.
Es.d.
H
H'
R.h.
R.v.
R.d.
Pl.b
Mg.
Rm.v.
Z
Pl.z.
D
d
d'
B'
B
A'
M'
F
N
C'
E'

Fig. 17

Fig. 17.

Carro de la aguja visto de lado. La rama vertical *Rm.v* de la escuadra mayor se ve por uno de sus cantos. El freno de la escuada mayor no está representado. En esta figura, como en las figs. 15 y 16, sólo está representada una de las ruedas ajustables oblicuas, la *R, o*, puesta en la orquilla *c c'*.

Cr, cremallera de la regla vertical *Rg, v* de la escuadra mayor. Las otras letras tienen la misma significación que en las figs. 15 y 16.

Fig. 18.

Brazo porta lápiz, platina porta papel y su brazo, vistos por la cara superior.

A B C D E, brazo porta lápiz (para reducir la amplitud de la figura se ha suprimido una porción de este brazo). Los lados de la cara inferior de este brazo y los biseles B C y C D del mismo, son bandas alisadas por las que corren, respectivamente, las ruedas verticales *R. v* y las oblicuas *R. o* de los rodajes (las correderas O y P de la fig. 7) que sostienen al brazo porta lápiz. Dos de estas ruedas: una oblicua *R.o* y otra vertical *R.v*, pertenecientes al rodaje *Rod*, están representadas en la fig. 19, donde *br. i* es el extremo de la derecha del brazo porta lápiz.—*A*, anilla situada en el extremo de la izquierda del brazo porta lápiz y en la que se ata el cordón que, estirado por la acción de un peso, mantiene al brazo porta lápiz en contacto con la rampa menor.—*Pt*, patín situado cerca del extremo *A* del brazo porta lápiz y que está destinado a disminuir el rozamiento entre éste y la rampa menor, sobre la cual rueda el patín. Este está constituído, como se ve en la figura, por dos ruedecitas enlazadas por una armadura que puede girar alrededor de un eje calado verticalmente cerca del extremo *A* del brazo porta lápiz.—*L*, lápiz destinado a dibujar las gráficas.—*Md*, mandril destinado a sujetar el lápiz *L*.—*P. p. l*, palanca porta lápiz, que en un extremo lleva al mandril *Md*, y en el otro un eje horizontal transverso *Ej*. Girando alrededor de este eje puede levantarse esta palanca por su extremo *Md*, separando el lápiz de la platina cuando no convenga que éste actúe.—*Ej*, eje de la palanca porta lápiz *P. p. l.*—*Co* y *Co'*, cojinetes del eje *Ej* insertos cerca del extremo *C E* del brazo porta lápiz.—*Bl. a*, fragmento de una barra (de la biela de conexión *Bl. a* de la fig. 19) que sirve de corredera a la ruedecilla *R* y que goza de movimientos de ascenso y descenso, pero sin perder su posición horizontal.—*R*, ruedecilla unida a la palanca porta lápiz *p. p. l*, que goza de los movimientos de ascenso y de descenso de la barra corredera *Bl. a*, y que a su vez hace subir o bajar el extremo libre de la palanca *p. p. l* dando lugar a que el lápiz se separe de la platina porta papel o se apoye en ella.—*N*, núcleo donde está fijo el eje horizontal de la ruedecilla *R* y que sirve de base a la varilla *Br*.—*Br*, varilla vertical, vista en la figura por su extremo superior, destinada a sostener discos perforados que se colocan sobre el núcleo *N* y regulan por su peso la presión del lápiz sobre el papel, para que ésta sea ejercida con la eficacia debida y el mínimo rozamiento.—*L M N O*, superficie de la platina porta papel.—*t, t', t'' y t'''*, topes que marcan la posición que deben ocupar los papeles que se colocan sobre la platina para dibujar las gráficas. Cada tope presenta a lo largo de su eje una perforación cilíndrica vertical, destinada a recibir el vástago de la respectiva pinza usada para sujetar el papel sobre la platina, como se fija un porta objetos sobre la platina de un microscopio.—*A' B' C' D' E'*, brazo de la platina, con sus biseles *C' B'* y *E' D'* y con una escala milimétrica grabada en la cara superior del lado *D' E*, destinada a dar a conocer el valor de los desplazamientos verticales de este brazo. La división cero de la escala está en la parte superior de la misma.—*F*, índice adherido a la placa basal del aparato y que está destinado a señalar sobre la escala dividida del brazo de la platina el valor de los desplazamientos de ésta. El índice señala la división cero cuando el brazo de la platina está sobre el origen de la rampa mayor, o sea tocando a la rama horizontal de la escuadra mayor, como se ve en la fig. 8.—*A'*, anilla situada en el extremo inferior del brazo de la platina porta papel y en la que se ata el cordón que, estirado por la acción de un peso, mantiene al brazo de la platina porta papel en contacto con la rampa mayor.—*Pt'*, patín igual al *Pt* del brazo porta lápiz.

El bastidor es una regla *A B C D E*, muy calada para que sea más ligera, cuyos dos cantos o bordes *B C* y *D E* son biseles que miran hacia arriba. En el extremo *A* del bastidor hay un agujero o anilla en la que se ata un cordoncillo que se extiende primero horizontalmente, se adapta lue-

go a una poleíta y pasa a ser vertical, terminando en un peso, el cual acciona constantemente, manteniendo el contacto entre el brazo porta lapiz y la rampa de la escuadra menor. En la figura no ha sido representado el cordón, ni la garrucha, ni el peso.

El patín P t está constituído por dos ruedecitas unidas por una misma armadura, que en su centro tiene un eje que se fija verticalmente cerca del extremo *A* del bastidor. El patín rueda sobre la rampa de la escuadra menor y está destinado a reducir el rozamiento entre ella y el brazo inscriptor.

La palanca porta lápiz P. p. l posee en su extremo de la izquierda un eje cuyos cojinetes *Co* y *Co'* forman parte del bastidor. En el agujero cilíndrico o mandril *Md* del extremo de la derecha (la del observador) de esa palanca se pone el lápiz *L* o el portapluma destinado a trazar las gráficas. Sobre la palanca hay un pequeño núcleo *N*, que sirve de base a una espiga o varilla *Br*, que se eleva verticalmente, como las que están destinadas a sostener los carretes en las máquinas de coser, y que sirve para sostener a disquitos que pueden ponerse ahí para regular la presión del lápiz o de la pluma sobre el papel donde se harán las gráficas. El mismo núcleo constituye el cojinete en que se ajusta la ruedecilla *R*, de cuya misión trataremos más adelante.

Platina portapapel y su brazo (fig. 7.ª *A' B' C' D'* la platina *e II'* el brazo).—La platina *L M N O* (fig 18), es un tablerito muy ligero, de 8 × 16 cm., sostenido por cuatro columnitas sobre el bastidor que forma el brazo. Cuatro taquitos *t*, *t'*, *t''* y *t'''*, pegados al tablero, permiten colocar sobre éste, en la posición debida, los papeles en que se dibujan las gráficas, fijándolos par medio de pinzas, parecidas a las que se utilizan en las platinas de los microscopios, y cuyos vástagos entran en la perforación vertical cilíndrica que deben tener esos taquitos.

El brazo *A' B' C' D' E'* (fig. 18) en que se apoya la platina es un bastidor alargado o regla ancha calada, de cantos biselados, como el bastidor del brazo portalápiz, teniendo también su patín *Pt'* y su anilla *A'* para el cordón y el peso, cuya función ya hemos explicado. Hay, no obstante, la diferencia de que a lo largo de uno de los costados del bastidor existe una división milimétrica, con el cero situado hacia la parte en que está colocada la platina y el resto de la numeración hacia abajo. El valor de los desplazamientos de la platina se conoce gracias a esta división, sirviendo de punto de referencia una línea o índice *F* que está soldado a la placa basal del ictiopantógrafo, y que señala el cero cuando la platina menor está en su posición máxima de descenso.

Rodajes (correderas *O*, *P*, *RR'* y *SS'* de la fig. 7.ª).—Son piezas que sirven de guías al brazo portalápiz y al de la platina portapapel, per-

mitiendo el movimiento de los mismos con el mínimo rozamiento y siguiendo una sola trayectoria rectilínea.

Cada rodaje consta de un armazón provisto de dos ruedas verticales y dos oblicuas. En la figura 19 se ve uno de estos rodajes completo visto de canto, y cuyos soportes son *Rod'* y *Rod''* y la mitad de otro visto de frente, cuya base es *Rod.*

El armazón de cada rodaje está constituído por dos soportes *Rod'* y *Rod''* (referimos la descripción al rodaje que se ve completo en la figura 19) acodados hacia afuera en su parte superior. En la parte vertical de estos soportes están los cojinetes en que gira el eje *Ej* de las ruedas verticales *R . v'* y *R . v''*; en la parte oblicua de cada soporte hay una escotadura o caja, en la que se adapta la armadura de cada una de las ruedas oblicuas *R . o'* y *R . o''* (cuyas armaduras no se han representado en la figura para hacerle menos complicada), que pertenecen al tipo de las ajustables, descrito anteriormente y representado por separado en la figura 13 en *A* y *B.*

Las dos ruedas verticales *R. v'* y *Rv''* están caladas en un mismo eje y ruedan por la superficie inferior del brazo *Br. plt.* de la platina portapapel *Plt.* Las ruedas oblicuas *R . o'* y *R . o''* corren por los biseles de dicho brazo, que queda así sujeto entre estas ruedas y las verticales.

Cada uno de los brazos, el portalápiz y el de la platina portaejemplar, está sostenido sobre dos de estos rodajes.

En la figura 19 se ha suprimido la mitad frontal de uno de los rodajes del brazo inscriptor *Br. i*, representándose sólo la parte correspondiente al soporte *Rod* del lado opuesto, o sea la del fondo.

Mecanismo para apoyar el lápiz del brazo copiador sobre la platina y para separarlo de ella.—Como las gráficas se componen de varias líneas, es necesario levantar el lápiz cada vez que se termine una línea, y volverlo a bajar cuando se comienza otra.

Para levantar el lápiz se aprieta con un dedo de la mano izquierda (la derecha del operador está ocupada en mover el carro de la aguja, como ya se ha dicho) una tecla o botón de presión, situado en el ángulo anterior izquierdo de la placa basal del ictiopantógrafo. El movimiento de descenso de la tecla es transmitido a las palancas *Pl* y *Pl'* (fig. 19) y a la biela de acoplamiento *Bl. a*, que enlaza a ambas, por medio de un cordón *Crd* atado a la anilla *An* de la palanca *Pl* y que llega hasta ella desde la tecla guiado por poleítas convenientemente colocadas (1). La trac-

(1) Ni estas poleas ni el botón de presión están representados en ninguna figura.

ción del cordón produce el ascenso de la biela de acoplamiento *Bl. a*, que es la corredera de la rueda *R* (véase la posición de esta rueda en la figura 18), la cual asciende al mismo tiempo y con ella la palanca portalápiz P. *p. l*, y el lápiz mismo situado en el extremo de esa palanca.

Fig. 19.

Mecanismo para apoyar el lápiz sobre la platina porta papel o para separarlo de ella. *Bl. a*, biela de conexión que sirve de corredera a la ruedecilla *R.*—*Pl* y *Pl'*, palancas que sostienen a la biela de conexión *Bl a.*—*ej* y *ej'*, ejes respectivos de las palancas *Pl* y *Pl'*.—*An*, anilla de la palanca *Pl.*—*Crd*, cordón que se ata a la anilla anterior y que convenientemente conducido por poleítas va a unirse a una palanca o tecla de presión, situada en el ángulo anterior izquierdo de la placa basal del aparato. Apretando con un dedo de la mano izquierda esta tecla se pone tirante el cordón levantando a las palancas *Pl* y *Pl'*, a la biela de conexión *Bl a*, a la ruedecilla *R* y a la palanca porta lápiz *P. p. l*, con lo que el lápiz se separa de la platina porta papel.—*Pl. s*, palanca unida al eje *ej* y que sostiene al peso *Ps.*—*Ps*, peso que ejerce una acción contraria a la del cordón *Crd*, permitiendo qne el lápiz se apoye sobre la platina porta papel, cuando el cordón no está tenso.—*Tp*, tope situado en el soporte *Rod* y que limita el descenso del peso *Ps.*—*Co'* y *Co''*, soportes donde están los cojinetes de los ejes de las palancas *Pl* y *Pl'*.—*Br. i*, extremo de la derecha del brazo porta lápiz.—*Plt*, platina porta ejemplar vista de frente.—*Br. plt*, extremo anterior del brazo de la platina.—*Col* y *Col'*, dos de las cuatro columnas que sostienen a la platina porta ejemplar sobre el brazo *Br. plt.*—*r* y *r*, ruedecitas del patín *Pt.*—*N'*, núcleo en que está calado el eje de giro de la armadura del patín *Pt.*—*Rod'* y *Rod''*, par de soportes del rodaje que sostiene al extremo anterior del brazo *Br. plt* de la platina porta papel.—*R.o'* y *R.o''*, ruedas oblicuas que corren por los biseles del brazo *Br. plt*, de la platina porta papel. Estas ruedas se han representado en forma sencilla en la figura; pero deben ser de armadura, de las ajustables, como la representada en la fig. 13.—*S* y *S'*, costado de cada una de las horquillas existentes, respectivamente, en los soportes *Rod'* y *Rod''*, y en las que se sujetan las armaduras de las ruedas oblicuas *R.o'* y *R.o'*.—*Rv* y *Rv'*, ruedas verticales del rodaje *Rod' Rod''*.—*Ej'*, eje en que están caladas las ruedas verticales *R.v* y *R.v'*

Dejando de apoyar el dedo sobre la tecla, todas las piezas vuelven a ocupar su posición primera, por la acción que ejerce en sentido contrario el peso *Ps*, que encuentra su límite de descenso en el tope *Tp*.

El lápiz L se ajustará en el mandril *Md* en que termina la palanca portalápiz *P. p. l*, (fig. 19.) Se sacará el lápiz por debajo del mandril lo que sea preciso para que éste, por sí solo, produzca un pequeño levantamiento de la palanca portalápiz *P. p. l*, con el fin de separar ligeramente la rueda *R* de la corredera *Bl.a*, evitándose así un rozamiento perjudicial y asegurándose el constante y perfecto contacto entre el lápiz y la platina.

El lápiz puede ser uno cualquiera de madera, pero de buena calidad y de punta más bien dura, que debe mantenerse bien afilada. Pero es preferible utilizar buenas minas, provistas de un portaminas metálico, que se ajuste al mandril de la palanca portalápiz.

Más conveniente aún que el empleo de lápices es el de la pluma, porque esta funciona sin necesitar apenas presión, y produce una línea muy igual y más intensa. La pluma ha de tener un depósito pequeño de tinta,

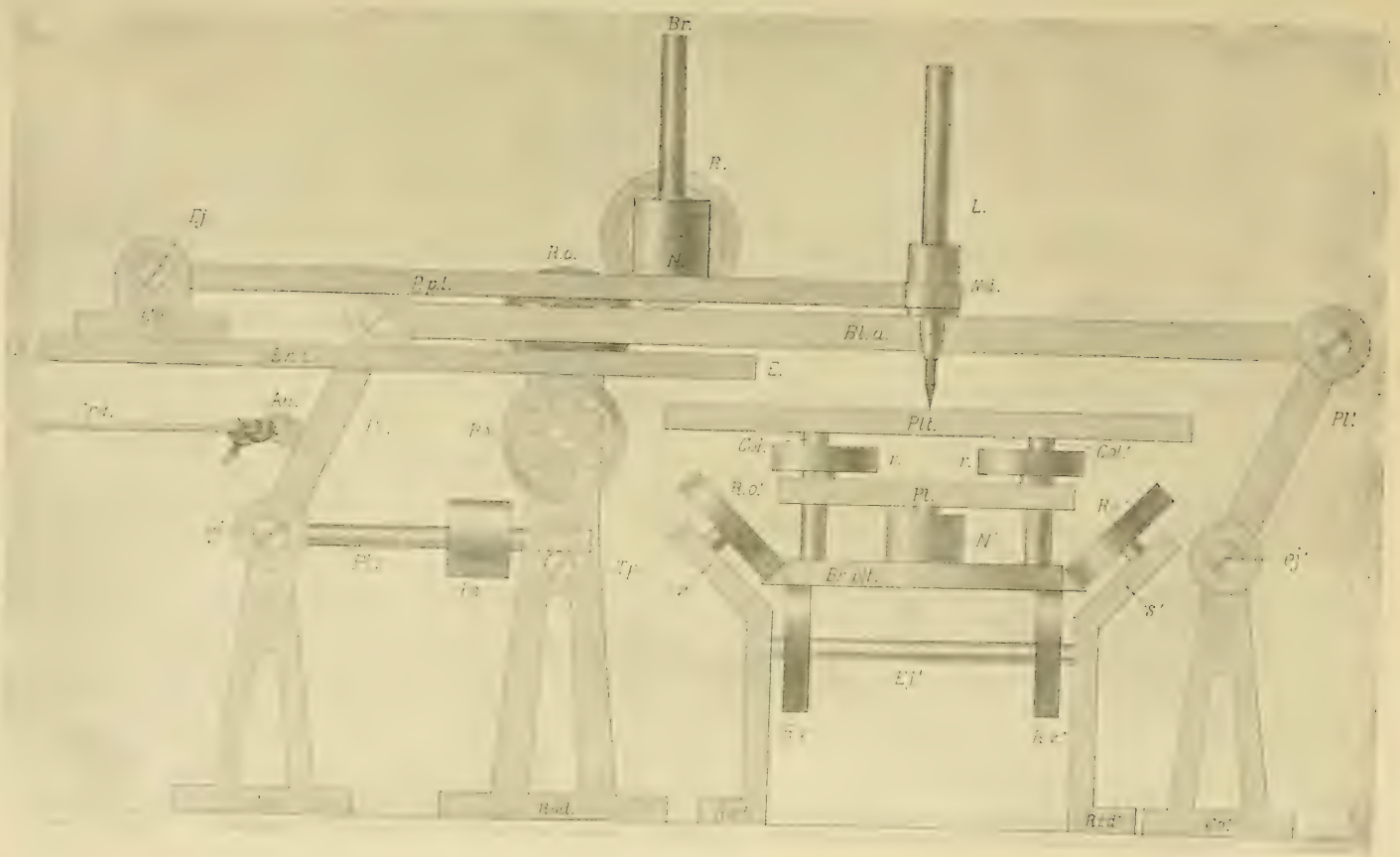


Fig. 19

y se ajustará mediante un vástago vertical en el mandril de la palanca citada; pero ella estará, respecto de ese vástago, en la posición inclinada favorable para el funcionamiento de toda pluma.

Modificación que puede efectuarse en el ictiopantógrafo normal para convertirlo en un aparato amplificador.—Ya hemos dicho que el ictiopantógrafo sirve para hacer gráficas a tamaño natural, o para obtenerlas reducidas, pero que no sirve para hacer ampliaciones.

Teóricamente, el ictiopantógrafo se convierte en un aparato amplificador desde el momento en que sus rampas se colocan formando con la rama de la escuadra en que reposan un ángulo superior a 45°, que es la inclinación en que ambas se ponen para obtener copias a tamaño natural.

Pero la inclinación de 45°, ya algo considerable, no puede ser apenas superada, porque hay razones prácticas, de orden mecánico, que dificultan en tal caso el resbalamiento de los brazos copiador y de la platina portapapel sobre las rampas respectivas.

Para remediar esa deficiencia y convertir al ictiopantógrafo en un aparato amplificador, sirve el accesorio de la figura 20 A, que representa el brazo portalápiz modificado al efecto, como lo tiene que ser también el brazo de la platina portapapel.

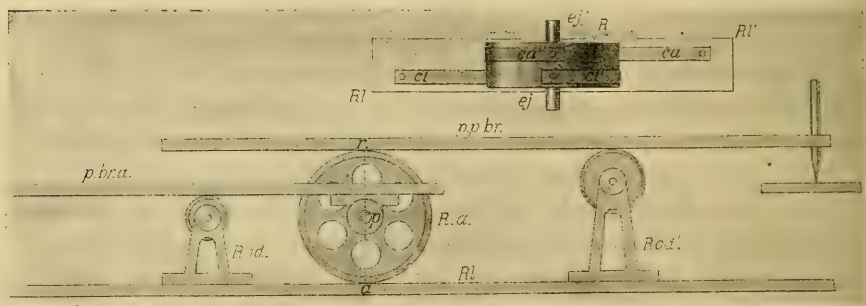
En realidad este brazo aparece dividido en dos porciones: una anterior, *p. br. a*; y otra posterior, *p. p. br* La anterior tiene cerca del extremo de la derecha una rueda amplificadora *R. a* que corre sobre un riel *Rl* solidario de la placa basal del aparato, y en cuya circunferencia se apoya la porción posterior *p. p. br* del brazo copiador. Ambas porciones del brazo copiador son paralelas al riel. Suponiendo que no hay resbalamientos (que se evitarán del modo que se dirá más adelante) entre la llanta de la rueda, el riel y la porción *p. p. br* del brazo portalápiz que descanse sobre ella, ocurrirá que, a favor de la rueda amplificadora, todo movimiento de avance o retroceso de la porción anterior *p. br. a* del brazo copiador, respecto de un punto fijo del riel, será convertido en la porción posterior *p. p. br* de dicho brazo en otro movimiento de igual dirección y doble velocidad.

Para eso no hay más que recordar que en toda rueda que corre sobre un riel, sin resbalar, los puntos del diámetro que pasa por el punto de tangencia entre la circunferencia de la rueda y la recta del riel, avanzan paralelamente (sólo en el momento de la verticalidad de ese diámetro) a la dirección del riel y con velocidad que crece proporcionalmente a la distancia que hay entre cada uno de esos puntos y el de tangencia, donde la velocidad es cero.

Por eso, si al punto medio del diámetro, o sea al centro de la circun-

ferencia de la rueda, le anima un movimiento X dado, a otro punto doblemente distante—que en el propio diámetro es el extremo opuesto al de la tangencia—le corresponderá un movimiento 2X, del mismo sentido y de doble velocidad.

B.



A. FIG. 20 A.

Esquema de un accesorio amplificador adaptable al ictiopantógrafo.
p. br. a y *p. p. br.* porciones anterior y posterior en que se divide el brazo portalápiz.—*Rod* y *Rod'*, rodajes sobre que corren, respectivamente, las porciones anterior y posterior del brazo portalápiz.—*R a*, rueda amplificadora, perteneciente a la porción *p. br. a* del brazo portalápiz, que corre sobre el riel *RL* y por la cara inferior de la porción posterior *p. p. br.* del brazo portalápiz.—*Rl*, riel situado en la placa basal del aparato y sobre el que corre la rueda *R. a.*—*r. a*, diámetro cuyos extremos son, respectivamente, los puntos de tangencia de la circunferencia de la rueda *R. a* con la porción posterior *p. p. br.* del brazo portalápiz y con el riel *Rl.*—Por la intervención de la rueda amplificadora *Ra* todo movimiento de avance o retroceso de la parte anterior del brazo portalápiz produce en la porción posterior *p. p. br.* del mismo otro movimiento de igual dirección y de doble recorrido.

FIG. 20 B.

Mecanismo para evitar el resbalamiento entre una rueda y un riel.
R, rueda.—*ej ej'*, extremos del eje de la rueda *R.*—*Rl Rl'*, riel de la rueda *R.*—*ca ca'*, banda o cinta delgada, cuyo extremo *ca* está unido al ángulo *Rl'* del riel *Rl Rl'*, que rodea parte de la llanta de la rueda *R* y que se une a ésta por el extremo *ca'*.—*ci ci'*. cinta análoga a la anterior, unida al otro ángulo *Rl* del riel *Rl Rl'* y que se une por su extremo opuesto a la rueda *R* después de rodear a ésta en sentido contrario que la cinta *ca ca'*.

Así, en nuestro accesorio de la figura 20 A, la porción posterior *p. p. br* del brazo portalápiz se apoya constantemente en puntos de la rueda amplificadora *R*, *a*, que se mueven respecto de cualquier punto fijo del riel *Rl* en la misma dirección, pero a doble velocidad que el centro de esa rueda, y, por lo tanto, con velocidad doble que la porción anterior *p. br. a* de dicho brazo, de que ese centro es solidario.

Para evitar el resbalamiento de la rueda amplificadora *R. a* sobre el riel *Rl* y el de segmento posterior *p. p. br* del brazo portalápiz sobre la llanta de la misma, podrá calarse en el mismo eje de la rueda amplificadora otra que engrane con perfección en cremalleras atornilladas en el riel y en el brazo.

La rueda dentada y la cremallera pueden reemplazarse por cintas de conexión como las *ca* y *ci*, representadas en la figura 20 B, que impiden todo resbalamiento entre la llanta de la rueda *R* y la superficie del riel *Rl*, *Rl'*, sobre el cual dicha rueda corre. Las cintas *ca* y *ci* deben arrollarse en la llanta en sentido inverso, como se ve en la figura, teniendo uno de los extremos unido a la llanta, y el otro a un extremo del riel. Han de estar, además, perfectamente estiradas; y con el fin de que sean inextensibles pueden hacerse de acero muy delgado. La unión de esas cintas con uno de los extremos del riel, puede hacerse por medio de un tornillo o garra que produzca la conveniente tensión de las mismas, enmendando el alargamiento que el uso puede producir en ellas si se hacen de material extensible.

Si se establece la conexión entre la rueda y el riel con solo dos cintas, como se ha representado en la figura 20 B, para mayor sencillez, la tensión de las cintas produce un esfuerzo combinado, que en el caso de nuestra figura tiende a aproximar respectivamente los extremos *ej* y *ej'* del eje de la rueda a los ángulos *Rl* y *Rl'* del riel, dando lugar a una torsión perjudicial y motivando un aumento de rozamiento.

Esas dificultades se remedian usando, en vez de dos cintas, tres: dos laterales arrolladas sobre la llanta en el mismo sentido, y una central que la envuelva en sentido opuesto.

La carrera de una rueda unida a un riel por cintas de conexión es necesariamente siempre inferior a la longitud del desarrollo de su llanta; por eso, cuando se quiere obtener una carrera más larga, hay que utilizar una rueda cuyo diámetro sea proporcionalmente mayor.

El empleo de las cintas de conexión tiene sobre el de los engranajes la ventaja de que se logra una economía en la construcción por la sencillez del mecanismo y de que se produce una rodadura más suave y exenta de vibraciones.

En un ictiopantógrafo provisto de accesorio de amplificación como el descrito, se multiplica por dos el desplazamiento que producen las rampas en el brazo portalápiz y en el de la platina portapapel, es decir, que si antes se obtenía mediante una inclinación determinada una gráfica de longitud de 10 centímetros, mediante la interposición del aparato amplificador, se obtendrá de 20. Para obtenerla de 10 centímetros, como es debido, habrá que dar otra inclinación menor a la rampa, o lo que es igual, habrá que reducir a la mitad de su longitud el cateto menor del triángulo rectángulo H' K' E' de que hemos tratado en la página 162 En todo modelo de ictiopantógrafo provisto de este accesorio amplificador la división del borde cóncavo del arco graduado de las escuadras, estará en consecuencia convenientemente modificada.

El amplificador descrito no sirve más que para duplicar un movimiento dado; pero es susceptible de ser construído de modo que produzca otros grados de amplificación.

Esto se consigue utilizando, en lugar de una rueda amplificadora, dos, caladas en un mismo eje: una en conexión con el riel y otra relacionada con la porción posterior *p. p. br* del brazo portalápiz. Si el radio de ambas ruedas es el mismo, se obtendrá un aparato que duplicará los movimientos, como el de la figura 20 A; pero si los radios varían, también variará el poder amplificativo. De modo que si el desarrollo de la circunferencia de la rueda que está en conexión con la porción posterior *p. p. br* del brazo copiador es doble del de la que está en contacto con el riel *Rl*, dicha porción del brazo se moverá en el mismo sentido que en el caso representado en la figura 20 A, pero con doble velocidad que en ese caso, es decir, con cuádruple velocidad de la que lleva la parte anterior *p. br. a* del brazo portalápiz.

Un ictiopantógrafo provisto de un amplificador de esta naturaleza habrá de tener sus rampas en cada caso, respecto del modelo normal, según una inclinación tanto menor cuanto mayor sea el poder amplificativo del accesorio. Habrá que hacer que el valor del cateto menor H′ K′ del triángulo *H′ K′ E′* (fig. 7) disminuya en razón inversa de la cuantía de la amplificación.

El grado de ampliación a que puede llegarse por medio de este accesorio descrito está limitado por razones mecánicas; los ensayos hechos por mí demuestran que un amplificador de éstos, que duplique los movimientos, da resultados satisfactorios, con lo cual el ictiopantógrafo es susceptible de hacer gráficas de 10 centímetros, tomando como modelo ejemplares de peces de 5 centímetros de longitud, límite inferior de capacidad del aparato muy aceptable.

Suponemos que mediante una construcción esmerada se podrán hacer amplificadores que cuadrupliquen o quintupliquen el tamaño de los modelos puestos en la platina portaejemplar, lo cual haría extensiva la capacidad del ictiopantógrafo a la facultad de hacer gráficas de 10 centímetros de peces de dos centímetros o dos centímetros y medio de longitud.

Procedimientos para sujetar los ejemplares de peces sometidos a estudio sobre la platina portaejemplar de cualquiera de los aparatos descritos.—Los peces pueden colocarse directamente sobre la platina de los aparatos, especialmente los de tamaño mayor, pues su propio peso los fija en posición, sobre todo si se aseguran con cuñitas de madera ligera convenientemente colocadas, de las cuales conviene tener algún surtido.

Pero se obtiene mejor resultado, sobre todo en los peces pequeños,

fijándolos sobre placas o soportes que luego se colocan sobre la platina, sujetándolos por sus esquinas a la misma, por medio de las pinzas que ya hemos mencionado.

Uno de estos soportes puede ser una placa de turba, pita o corcho, de un par de centímetros de espesor, pegada a un tablerito de madera. Este será un poco más grande que la placa, para que sus bordes sobresalgan lo suficiente y puedan ser cogidos por las pinzas de la platina.

En esta placa, cubierta con una hoja de papel—que es preferible no tenga apresto de cola—, se coloca el ejemplar por uno de los procedimientos que se exponen a continuación:

a. Se clava un alfiler o, mejor, una delgada aguja de acero cerca de la cabeza y otra cerca de la raíz de la cola del ejemplar. El mejor sitio para clavar el alfiler anterior suele ser la axila escapular.

b. Valiéndose de una larga aguja de dos puntas, con uno de los extremos acodado en L, y cuyo grosor decrezca gradualmente desde el codo a las puntas, se clava la punta larga por la boca del pez, en el interior del cuerpo del mismo, siguiendo aproximadamente la posición de la columna vertebral, por debajo de la misma. La raíz de la cola se sujeta con un alfiler.

c. Se utiliza del mismo modo esa aguja acodada, y en lugar de clavar un alfiler en la cola, se mantiene la raíz de ésta entre dos alfileres clavados en la placa de sustentación.

d. Se sujeta el ejemplar por medio de unos cuantos alfileres que se clavan en la placa, circunscribiendo el cuerpo del pez.

e. Se sujeta el cuerpo del pez por medio de una pinza constituída por un alambre de acero en forma de arco, con uno de los extremos afilado en punta, que se clava en la placa, y el otro terminado en un botón almohadillado, que se apoya en el cuerpo del ejemplar. Se completa la sujeción por medio de alfileres circunscritos al contorno del cuerpo del pez, y si es preciso con alguna pinza más, igual a la referida.

Conviene colocar la almohadilla de la pinza en puntos del cuerpo del pez que no hayan de ser base de medida.

Las aletas, en cada uno de estos casos, pueden sujetarse, después de extendidas, con alfileres. También pueden mantenerse estiradas por medio de diminutos ganchitos que se clavan en la aleta y que están atados a un hilo corto que se une a una anillita de muy poco diámetro, la cual se fija a la placa, manteniendo el hilo estirado por medio de un alfiler que pasa por la anilla y se clava en la placa. Este procedimiento es mejor que el anterior, porque produce menos desgarramientos en las aletas.

También se pueden utilizar, en lugar de los ganchos, pincitas construí-

das con arreglo al modelo de las de madera que se emplean para sujetar en los secaderos la ropa lavada. Estas pinzas deben ser de puntas estrechas y alargadas, y se construirán en chapa inoxidable o en madera compacta, como el boj o el ébano. Estarán también enlazadas cada una a un hilo provisto de su anillita.

Claro es que conviene disponer de un surtido en tamaños tanto de alfileres y agujas como de ganchitos y pinzas.

En muchos casos, los ejemplares sobre que se opera, no han de ser conservados y pueden sujetarse clavándolos, puesto que no importa que se deterioren. Para esta clase de ejemplares debe de adoptarse el procedimiento *a*, que es el más sencillo, rápido y eficaz.

El procedimiento *b* tiene la ventaja de que contribuye a enderezar el cuerpo de algunos ejemplares que han adquirido una posición encorvada, que dificulta la medición exacta.

Cuando se trata de ejemplares pertenecientes a colección de estudio, pero que estén muy repetidos, o que sean fácilmente reemplazables, puede utilizarse con ventaja el procedimiento *c*, que no produce en realidad deterioros de importancia y menos aparentes.

Los otros ejemplares, y sobre todo los que sean tipos específicos o representantes de especies poco frecuentes, *no deben ser perforados bajo ningún concepto*, empleándose con ellos los procedimientos *d* y *e*.

Para la extensión de las aletas de estos ejemplares se utilizarán las pinzas descritas, aunque empleándolas con gran cuidado, porque frecuentemente esos organos se desgarran con la mayor facilidad.

Hay ejemplares en los que las aletas del dorso y la anal están plegadas sobre el cuerpo, y en los que frecuentemente no se distinguen bien los extremos anterior y posterior de la base de esas aletas. Para hacer patente la longitud de la base de esas aletas plegadas se tira hacia adelante del primer radio, sujetándolo con un alfiler, un ganchito o una pinza, para que se vea claramente cuál es el punto de emergencia de ese radio sobre la superficie del cuerpo. El final de la base se descubre levantando el último radio y manteniéndolo así mediante un alfiler que se clava en la placa de sustentación, pero sin perforar la aleta.

Para los peces menores de 10 centímetros de longitud debe emplearse una plaquita especial mantenida a una cierta altura por soportes que se apoyan en un tablero que es el que se fija a la platina portaejemplar por medio de las pinzas de esa platina. Estas pinzas se colocarán previamente en agujeros especialmente situados para el empleo de este tablero elevado, el cual debe tener esa altura para que el ejemplar que se coloca encima quede en el plano más alto posible del ictiopantógrafo, con el fin de que

puedan apreciarse con la mayor facilidad los menores detalles morfológicos del cuerpo del pez sometido a estudio.

Cámara oscura para obtener copias o gráficas de 10 centímetros de longitud de ejemplares cuyo largo no alcanza a ese número de centímetros.—Esta cámara constituye el suplemento que puede reemplazar al ictiopantógrafo normal cuando se trata de copiar ejemplares de menos de 10 centímetros de longitud total.

La cámara puede ser instalada de muy diversas maneras, y hasta puede improvisarse con una máquina fotográfica corriente de las de fuelle; pero es más conveniente montar una destinada exclusivamente al fin propuesto; y cuya disposición general sea la que se expone a continuación, sin descender a detalles que pueden ser resueltos con facilidad, mediante soluciones mecánicas corrientes.

Sobre una mesita, que servirá de soporte general a la cámara fotográfica y a los accesorios, habrá un aparato semejante al representado en la figura 5, sin más diferencia esencial que la de tener, en lugar del tablero o platina *A B C D*, el cuadro posterior o portachâssis de la cámara. Este cuadro posterior es solidario del tablero de la mesa y, por lo tanto, es fijo, no afectándole los movimientos de enfoque, los cuales se efectúan por el desplazamiento de la platina que sostiene al ejemplar y por el del cuerpo anterior de la cámara, donde está el objetivo.

La superficie del cristal esmerilado de la cámara será un cuadrado de unos once o doce centímetros de lado, es decir, la suficiente para recibir imágenes de 10 centímetros de longitud total en cualquiera de los sentidos en que ésta se coloque. Las escalas divididas de las reglas fija *L M* y móvil *F G* tendrán una longitud también de once o de doce centímetros, y estarán provistas de nonios que permitan apreciar fracciones de milímetros, exactitud que se precisa lograr cuando se efectúa la medición de ejemplares diminutos o de partes del cuerpo de los mismos.

Debajo del tablero de la máquina estarán colocados los otros órganos de la cámara fotográfica, como el fuelle y el objetivo, cuya tablilla correrá a lo largo de un soporte vertical. Más abajo estará la platina donde se ha de colocar el ejemplar, la cual será también un cuadrado de catorce o quince centímetros de lado, y que podrá ser inclinada lo que sea debido para colocar el pez con su plano sagital paralelo al del cristal esmerilado de la máquina.

Dicha platina estará perfectamente iluminada por dos lámparas eléctricas, colocadas a cierta distancia, en lados opuestos de la misma, para obtener una luz igual y correrá de arriba abajo, como la tablilla del objetivo, verticalmente, para lograr el enfoque. Habrá en la platina, final-

mente, pinzas para retener las placas de soporte sobre que se coloquen los ejemplares.

Será conveniente utilizar dos objetivos montados sobre una pieza giratoria o revólver: uno para los ejemplares mayores y otro de más aumento para los pequeñitos, con lo cual se reduce la amplitud de los desplazamientos de la platina portaejemplar.

Los objetivos deben ser elegidos cuidadosamente para lograr que den la máxima profundidad de foco con la mínima deformación de imagen, condiciones no muy fáciles de obtener en objetivos que trabajan a corta distancia, porque tienden a exagerar la perspectiva de los objetos.

Para utilizar este aparato se procede del modo siguiente:

Se coloca sobre la platina el ejemplar, con la orientación e inclinación debidas, como en el ictiopantógrafo, y se enfoca su imagen sobre el cristal esmerilado, de modo que ésta mida una longitud de 10 centímetros.

Entonces, sobre esa imagen, proyectada en el cristal esmerilado, se pueden tomar cuantas medidas se deseen, valiéndose de las escalas del aparato.

Si se quiere obtener un calco de la imagen, se sustituye el cristal esmerilado por otro diáfano, sobre el que se coloca un papel, sujeto con pinzas, en el que se hace el dibujo.

En el caso de que se trate de hacer una gráfica a base de líneas verticales y horizontales, se colocará en la punta *a* del carro *X* un lápiz o pluma, procediéndose de la siguiente manera: Para trazar una vertical se coloca el lápiz sobre el origen de la línea, se inmoviliza la regla móvil *F G* y se traslada el carro a lo largo de esa regla hasta alcanzar al otro extremo de la línea, que habrá quedado trazada por el lápiz. Para trazar una horizontal se procederá de modo análogo, pero inmovilizando el carro *X* y moviendo la regla *F G* a lo largo de su corredera *L M*. El carro *X* y la regla *F G* se inmovilizan por medio de sus propios frenos.

Puede aplicarse a esta cámara ampliadora el aparato representado en la figura 6, en lugar del de la figura 5.

En ese caso *A B C D* sería la superficie del cristal esmerilado y *A′ B′ C′ D′* el papel donde se harían las copias de las imágenes enfocadas en ese cristal.

Mediante esta modificación se obtienen dos ventajas: la de que se perfila la imagen sobre el cristal, y no a través del papel, donde se ve mucho peor, y la de que no siendo necesario que sean traslucidos los papeles donde se dibujan las gráficas, pueden sustituirse por hojas fuertes, hasta por cartulinas, como a veces conviene.

Para conocer el grado de ampliación realizado bastará dividir la longi-

tud de la imagen por la del ejemplar, el cual puede medirse sobre el cristal donde se reciben las imágenes. Dividiendo las medidas de las distintas partes de la imagen por cociente logrado, obtendremos las dimensiones reales de esas partes del cuerpo del propio ejemplar.

Nótese que las medidas que interesan son las tomadas sobre la imagen, porque se cuentan por centésimas de la línea de 10 centímetros, admitida en nuestro sistema como magnitud invariable de la longitud de las gráficas, centésimas que son milímetros, o sea la fracción métrica admitida además como unidad actualmente en las medidas de los peces. La única medida real del pez, que debe ser siempre conocida, es la de la longitud total, puesto que, como hemos visto, sirve para determinar el grado de la ampliación de la gráfica, y en caso necesario sirve de base para conocer el valor de las restantes medidas reales de su cuerpo.

Hojas para dibujar las gráficas.—Las hojas de papel donde se dibujan las gráficas y copias de peces, por cualquiera de los procedimientos y aparatos explicados en el curso de este trabajo, han de tener como dimensiones mínimas las de un rectángulo de 10×6 centímetros más el margen que se desee.

Lo mejor es elegir el tamaño universalmente adoptado para las hojas de los ficheros americanos corrientes, las cuales son, aproximadamente, de $7\ ^1/_2 \times 12\ ^1/_2$. Estas mismas fichas pueden ser aprovechadas, por sus dimensiones, para dibujar las gráficas y ofrecen la ventaja de que pueden coleccionarse en los ficheros citados.

Cuando se hagan gráficas, calcando en un papel la imagen proyectada en el cristal de una cámara oscura, es evidente que hay que emplear hojas traslúcidas. En general, no conviene que las hojas sean muy opacas, porque en muchas ocasiones convendría superponer dos y observarlas al trasluz para apreciar bien las diferencias de las gráficas que se hayan dibujado en ellas y cuyos ejes longitudinales se habrán hecho coincidir previamente para que la comparación pueda hacerse mejor. Por eso, cuando se utilicen fichas de papel fuerte o de cartulina, se procurará que su pasta sea lo más diáfana posible.

Cuando se trate de hacer la gráfica de un ejemplar con el fin exclusivo de clasificarlo, se utilizarán hojas de papel ordinario de poco coste.

Las hojas o fichas que deban ser conservadas para fines estadísticos o científicos de cualquier orden, tendrán en la parte superior un renglón impreso, donde se escribirá el nombre científico de la especie a que pertenece el ejemplar, y los datos más importantes que a éste se refieran, como el nombre de la localidad y la fecha de la captura. Cada hoja podrá tener también un número de orden que corresponda a un registro en el

que pueden conservarse y ampliarse cuantos datos se refieran al ejemplar representado en la ficha.

En los casos ya previstos en este trabajo, en que sea necesario hacer gráficas de 20 centímetros de longitud habrá que disponer de hojas de tamaño apropiado, y a las cuales se aplicará todo lo expuesto respecto de las hojas de tamaño normal.

Nuevo método para medir la velocidad de la luz. Determinación de algunas constantes físicas, que dependen de la medida de pequeños intervalos de tiempo

por

Pedro Carrasco Garrorena

Uno de los datos físicos fundamentales, tal vez el más importante, es el valor de la velocidad de la luz; de tal modo, que creemos de primordial interés cuanto se refiera a una determinación absoluta de la citada magnitud. Pero una medida absoluta supone el conocimiento de la longitud o espacio recorrido por la luz y del tiempo empleado en dicho recorrido. Si el tiempo medido no es muy pequeño, dado el valor de velocidad de la luz, el espacio recorrido es tan inmenso, que sólo en los procedimientos astronómicos pueden encontrarse y medirse distancias tales; si, por el contrario, la longitud que se mide, cual ocurre en los métodos físicos, es moderada, el tiempo se cuenta por fracciones pequeñísimas del segundo.

El objeto de la presente nota es indicar un nuevo procedimiento físico de medida, fundándonos en la determinación de fracciones de tiempo, sumamente pequeñas. De paso, y como aclaración de ciertos puntos, nos ha parecido útil indicar o discutir algunos procedimientos ya utilizados en los métodos clásicos, y que se prestan a diversos experimentos y aplicaciones, que pueden ser útiles, o, al menos, interesantes.

Como idea fundamental para la medida de intervalos de tiempo muy pequeños, utilizamos el desarrollo en una línea o cinta continua de un trazo puntual o de la imagen luminosa de un punto.

El procedimiento, que se ha hecho clásico, aplicándolo a diversos problemas físicos, consiste en producir el desarrollo mediante la reflexión de un rayo luminoso en un espejo giratorio. Creemos que siendo la verdadera idea fundamental en todos estos métodos de medida, no la reflexión en el espejo giratorio, sino el desarrollo en cinta que produce, pueden seguirse otros muchos procedimientos que conduzcan a iguales resultados, y que

en ciertos casos den, si no más precisión, más facilidades experimentales.

En todo procedimiento de este tipo se han de tener en cuenta: un órgano o sistema productor de señales y una superficie donde se produce la inscripción; ésta puede ser simplemente el campo de visión, si las observaciones son visuales.

Para que se produzca el desarrollo en trazo o línea de una señal puntual, será preciso, además, que exista un movimiento relativo de los dos elementos indicados, y esto puede conseguirse por movimiento de la superficie inscriptiva, o bien, manteniendo ésta fija, por movimiento del foco o del sistema que produce la señal puntual.

Como veremos, la movilidad en este segundo caso no es práctica, y el empleo de señales luminosas, que antes de recogerse son reflejadas en espejos móviles, tiene la enorme importancia de permitir operar con ambos órganos, productor y receptor fijos, produciéndose el movimiento aparente del primero por el movimiento especular.

Examinemos separadamente cada una de las circunstancias que intervienen en una inscripción de este género,

Inscripción de señales.—Las señales que han de registrarse pueden producirse por procedimientos mecánicos o electromecánicos y por método óptico. Los primeros son los más fácilmente manejables y preferibles en trabajos prolongados o con aparatos de gran uso, y a los que no se exija precisión excesiva; los segundos, indudablemente, se prestan mejor a las medidas delicadas y de alta precisión.

La inscripción mecánica introduce rozamientos que aumentan con la velocidad, y que, perjudicando la buena definición de los trazos, quita precisión a las medidas; esta influencia de los rozamientos es harto conocida por todos los que han utilizado registros gráficos. Además, se introduce un tiempo perdido en transmisión por las distintas piezas del aparato inscriptor, que no pueden formar un todo rígido, lo que a veces es causa también de error.

La obtención de señales luminosas está exenta de adherencias, rozamientos y otras influencias perjudiciales; pero no se oculta la dificultad de que, por la rapidez de la impresión, ésta no fuera suficiente para realizar una observación visual, ni produjera una inscripción revelable cuando se utiliza la placa fotográfica, si bien esto se subsana aumentando la intensidad del foco, la sensibilidad de la emulsión fotográfica y la luminosidad del sistema óptico; y, si todo esto no fuera suficiente, empleando métodos de superposición para utilizar la persistencia de impresiones en la retina o aumentar la exposición fotográfica.

En una medida delicada, el investigador no ha de perder de vista que

la exactitud en la medida de un intervalo θ de tiempo entre dos señales, depende de la finura y precisión de éstas; y que ésta no es indefinida, por la imposibilidad de realizar señales teóricamente instantáneas. Una señal supone siempre un tiempo finito de producción, y es preciso que este tiempo sea tan pequeño, que junto a θ sea despreciable, con lo que la medida será prácticamente instantánea; y desde este punto de vista, la supremacía de los métodos ópticos es indudable.

Nosotros, en lo sucesivo, supondremos generalmente que las impresiones o señales de referencia son luminosas, y prescindimos, salvo indicación contraria, de los métodos gráficos de carácter mecánico.

En general, obtendremos una imagen puntual O_1 sobre la superficie inscriptora, utilizando un foco puntual O, emisor de señales, y produciendo la O_1, con una lente o sistema óptico, del que O y O_1 sean puntos conjugados; como disposición conveniente para intercalar accesorios diversos, el sistema óptico pueden formarlo dos lentes convergentes con O y O_1, en el foco principal de una y otra, de modo que en el trayecto entre las lentes tengamos una onda plana o un haz de rayos paralelos.

Obtención de intervalos de tiempo constantes.—El procedimiento más sencillo, aparentemente, para conseguir señales luminosas que procedan de un foco O, con intervalos constantes de tiempo θ, consiste en producir obturaciones de dicho foco, disponiendo en el trayecto de los rayos luminosos, un disco giratorio provisto de una o varias aberturas. Las señales se producirán al pasar las aberturas por delante del foco; pero la constancia de θ, tiempo entre dos pasos, dependerá de la perfecta simetría, en el disco circular, de dichas aberturas y de la uniformidad de la rotación, difícil de conseguir, aun con el empleo de reguladores; es, sin embargo, el procedimiento más cómodo, y el que se emplea cuando la precisión no pasa de cierto límite.

Teóricamente se comprende que se conseguirán intervalos constantes θ, empleando, no un movimiento cualquiera, cual la rotación combinada con artificios más o menos ingeniosos, sino un movimiento de carácter periódico, cual las oscilaciones pendulares o las vibraciones elásticas.

Cuando queramos intervalos θ, relativamente grandes, del orden de un segundo, utilizaremos oscilaciones pendulares; para θ, pequeñas, de 0,01 a 0,001 segundos, convendrán las vibraciones de una varilla o de un diapasón. Para ello bastará que el péndulo o el diapasón terminen en una pantalla, con estrechas aberturas, o simplemente en una fina aguja, que al pasar ante el foco O permita el paso de los rayos luminosos que procedan de O, o lo interrumpa. En vez de pantalla o abertura puede disponerse un espejo donde se reflejan los rayos luminosos.

Movimiento de la superficie inscriptora.—Para desarrollar en una línea continua un trazo puntual, la forma que ha recibido mayores aplicaciones prácticas es la que consiste en recibir dicha impresión sobre un cilindro giratorio. Este es el fundamento de la casi totalidad de los aparatos registradores, y de ello se ha hecho aplicación primordial en la medida del tiempo con los cronógrafos, que registran como elemento o fenómeno de referencia un movimiento pendular (reloj).

La utilidad ha sido inmensa, y aunque a primera vista parece que aumentando la velocidad de rotación del cilindro inscriptor pudiera conseguirse apreciar intervalos de tiempo cada vez más pequeños, no ocurre en la práctica así, pues a medida que se aumenta la longitud lineal entre dos puntos de referencia, la definición de éstos pierde precisión por la imposibilidad de realizar experimentalmente, como dijimos, impresiones físicas instantáneas; basta observar que la producción de una referencia (trazo, interrupción, etc.), supone un tiempo finito, por pequeño que sea, y que al aumentarse la longitud correspondiente a un intervalo entre dos referencias, se aumenta también el desarrollo lineal del tiempo, muy pequeño, pero apreciable, en que se producen dichas referencias.

Entendemos, por esta razón, que para conseguir medidas de intervalos de tiempo cada vez más pequeños, la investigación debe dirigirse a conseguir referencias lo más instantáneas posibles.

Obsérvese que la inscripción de un trazo continuo, de forma quebrada o curvilínea, permitiría adoptar como puntos de referencia un detalle o particularidad cualquiera de él, lo que salvaría la dificultad apuntada de utilizar señales prácticamente instantáneas; pero esta solución más bien es aparente que real en muchos casos, puesto que un punto de inflexión o de máximo o mínimo de la curva, se determinaría experimentalmente, con menor precisión, a medida que la velocidad creciente del cilindro aumentase la escala de las abscisas.

Como caso particular de la inscripción sobre cilindro giratorio, debe mencionarse, como de uso muy corriente, la impresión sobre cinta o película que se arrolla o desarrolla en un cilindro, ya que, supuesta la rotación uniforme, constante es la velocidad lineal de la superficie del cilindro, $r\omega = \frac{2\pi}{\tau} r$, y constante la velocidad de deslizamiento de la cinta (1).

Una diferencia que permite escoger entre uno u otro sistema es que la

---

(1) La variación de r por enrollado sucesivo de la cinta se evita produciendo el movimiento de ésta por deslizamiento entre dos cilindros, de radio r el motriz, que la oprimen lo suficiente para determinar el arrastre.

superficie cilíndrica se presta inmediatamente a obtener impresiones sucesivas superpuestas, y la cinta evita, en cambio, la superposición, y según el fenómeno que se estudie, puede convenir o perjudicar dicha superposición; además, el empleo de cinta permite inscripciones de larga duración y es más cómoda en los registros fotográficos.

La distancia lineal entre dos trazos consecutivos, que se suceden con un intervalo θ de tiempo constante, tiene el conocido valor

$$e = r\omega\theta = r\theta \cdot \frac{2\pi}{\tau} = 2\pi r \frac{\theta}{\tau}, \qquad [1]$$

donde r, ω y τ son el radio, la velocidad angular y el período de rotación del cilindro.

Pongamos algún ejemplo de uso corriente que dé idea de la precisión que puede conseguirse con estos registros.

En un cronógrafo, cuyo cilindro tenga un radio de unos 19 cm., o sea un desarrollo de su superficie de 1,20 m., y que gire una vuelta por minuto, inscribiendo señales electro-mecánicas procedentes de un péndulo que bata segundos, se obtienen señales distanciadas 2 cm.; de esta longitud puede precisarse una centésima (0,2 mm.), y esto supone determinar fracciones de tiempo de 0,01 segundo; aunque parece que esta medida puede ser más precisa con sólo aumentar el radio del cilindro, su velocidad, o medir el intervalo de 2 cm. con más precisión, no es así, y poco más puede conseguirse en exactitud, pues las condiciones mecánicas de la inscripción hace que las señales supongan ya, en su apreciación como puntos de referencia, errores del orden citado, 0,1 mm.

Si, en vez de señales enviadas por un péndulo, inscribimos las vibraciones de un diapasón, normalmente al desarrollo del cilindro, y este diapasón produce 600 vibraciones simples por segundo, comunicando al cilindro, de iguales dimensiones al ya citado, una velocidad de giro de una vuelta por segundo, obtendremos como gráfica una sinusoide, que presenta como distancia entre dos inflexiones consecutivas 2 mm.; si la inflexión puede apreciarse con la misma precisión que el trazo inscrito mecánicamente, como en el ejemplo anterior, de 0,1 mm., conseguiríamos apreciar fracciones de tiempo de $^1/_{12000}$ de segundo. Aquí, como en el ejemplo anterior, ha de señalarse un límite, puesto que el registro gráfico aumentará los rozamientos y perderá limpieza a medida que aumenta la velocidad de rotación del cilindro y el número de vibraciones del diapasón.

Determinación de patrones de pequeños intervalos de tiempo. En la generalidad de los problemas, es necesario el conocimiento del tiem-

po t (T. M. C.), o la medida del tiempo t, a partir de un instante físico inicial t_0.

Pero muchos problemas pueden depender del conocimiento preciso, no de t, sino de un intervalo $t_2 - t_1 = \theta$; además, puede ser ventajoso en muchas cuestiones evitar la determinación absoluta del tiempo t, utilizando, en cambio, el valor θ, especialmente en problemas físicos en que entren en juego fracciones de tiempo pequeñísimas.

Creemos útil discutir el problema de determinar con alta precisión valores θ, y determinar así patrones de pequeños intervalos de tiempo, estudiando los instrumentos o sistemas físicos que originen movimientos de carácter periódico, y fijando el valor de este período $\tau = \theta$ con el mayor rigor posible.

Adoptemos como patrón un diapasón cuyo período T queremos fijar con rigor, expresando en segundos de tiempo medio civil.

El conocimiento del segundo (T. M. C.), lo adquirimos por observaciones astronómicas, para lo que supondremos que se estudia un péndulo de tiempo medio, y se sigue su marcha mediante observaciones meridianas. Si este péndulo bate segundos, y su movimiento diurno fuera 1 segundo, esto es, tuviera un movimiento horario $\pm 0^s,04$, próximamente, durante un minuto de marcha, conoceríamos un intervalo de tiempo de 60^s, con un error del orden de $0^s,0007$. Corrigiendo este intervalo de este movimiento, desaparecería el error aparentemente; pero como este movimiento no se conoce con exactitud (supongamos, por ejemplo, que sólo se conoce su valor diurno en centésimas de segundo, y que sólo tenemos dos cifras significativas verdaderas), y, además, como por oscilaciones diurnas en la marcha o causas diversas de perturbación en la regularidad del péndulo, tampoco podemos considerar el movimiento diurno determinado más que como lo que es, como un movimiento medio, supondremos que, cuando utilicemos el péndulo en nuestras experiencias, su movimiento por minuto nos es conocido con un error de $\pm 0^s,0005$.

Se trata ahora de efectuar una comparación delicada del péndulo estudiado con el diapasón patrón.

Empezaremos por utilizar: un diapasón provisto en su extremidad de un espejo, o mejor, con la superficie terminal de sus ramas especular, y cuya vibración esté mantenida eléctricamente; en el péndulo, en cambio, terminaremos la masa pendular en un estilete o fina aguja. La disposición experimental puede ser la siguiente:

Se dispone de un foco puntual, lo más intenso posible, concentrando la luz de un foco potente sobre una pantalla provista de un orificio F de 0,1 milímetros, próximamente, de diámetro; este foco F se proyecta con una

lente convergente, de modo que su imagen F_1 se forme en la posición correspondiente al equilibrio del péndulo, para que en su oscilación la aguja o estilete pase sobre dicha imagen, obturándola; el grosor de dicho estilete debe ser prácticamente el mismo que el de la imagen, y ésta debe caer, como decimos, sobre la posición vertical del péndulo, para que el tiempo de obturación sea lo más corto posible. Obtendremos así un foco F_1, que podemos considerar como puntual, y que se anula con intermitencias de $0^s,5$, correspondientes a cada semi-oscilación pendular.

El cono de rayos luminosos que parte de la imagen F_1 es recogido por una lente para convertirlo en un haz de rayos paralelos, los que, después de reflejarse sobre la superficie especular del diapasón, son recogidos por otra lente que forma una imagen puntual F_2 sobre el cilindro cronográfico inscriptor.

Para superficie inscriptora creemos preferible, como más práctica en este caso que el cilindro, una película que se desarrolle con gran velocidad, y cuya regularidad de marcha no tiene importancia en la determinación que buscamos; esto es, que no necesitamos asegurar una regularidad perfecta en la rotación del cilindro ni en la velocidad de deslizamiento de la película.

Es indudable que la vibración del péndulo, combinada con el deslizamiento de la película perpendicularmente a la vibración, originará como gráfica una sinusoide, que por la interposición del péndulo en F_1, aparecerá cortada cada $0^s,5$.

El problema queda reducido a revelar la cinta fotográfica, y después contar simplemente el número de ondulaciones entre cada dos interrupciones; para mayor precisión, conviene utilizar un tiempo de marcha largo (por ejemplo, 60 segundos), y contar el número de semioscilaciones comprendidos entre una señal, la que se tome como extremo inicial, y otra, la final, que corresponderá a un número grande de semioscilaciones pendulares (en el ejemplo 120); si apreciamos la fracción de un semiperíodo de la sinusoide en las señales extremas, podremos obtener en definitiva, y dado el tiempo grande de inscripción, un número exacto crecido de cifras significativas en el valor del número total de vibraciones.

Se comprende por lo expuesto, y de acuerdo con lo dicho en párrafos anteriores, que es de importancia conseguir la mayor finura en las interrupciones que marcan los medios segundos del péndulo. Por esto hemos indicado que el estilete del péndulo tenga las dimensiones de F_1 (0,1 milímetros, por ejemplo), y que la obturación se produzca al pasar el péndulo por su posición vertical, que es la de velocidad máxima. Así, para una amplitud en la oscilación del estilete de 6 cm., el tiempo total de

obturación de F_1, comprendido entre los dos contactos extremos del estilete con la imagen, sólo dura $0^s,001$; y si el diapasón produce unas 500 vibraciones, el mínimo de impresión con anulación central, correspondiente a una señal, se extiende una semirrama de la sinusoide, lo que permitiría apreciar la posición de la referencia con $^1/_{10}$ de semivibración. Si además el registro comprende 120 señales (un minuto de marcha), contaríamos 60.000 semivibraciones, con error de $\pm 0,1$, y dispondríamos, finalmente, de un valor de N, dado por $N = 500 \pm 0,001$. Cremos que el método conduce a una precisión mayor que la conseguida por otro procedimiento cualquiera de los empleados.

***

Otro método de inscripción consiste en utilizar como superficie inscriptora la de un plano vertical que cae. Siendo conocidas y elementales las leyes de caída, éstas serán las que fijen el desarrollo de la impresión puntual en trazo continuo. La inscripción es práctica para señales que se sucedan periódicamente con intervalo de tiempo θ constante; y en esta forma se han hecho vistosas experiencias de laboratorio para comprobar las leyes de caída de los cuerpos.

Como nuestro objeto es la medida de pequeños intervalos de tiempo, veamos qué aplicación a ello puede tener este procedimiento.

Si el plano inscriptor parte del reposo a $t = 0$, y se producen señales en los instantes $t_1, t_2, \ldots, t_n$, tales que $t_2 - t_1 = t_3 - t_2 = \ldots = t_n - t_{n-1} = \theta$ constante, los espacios $e_n = \frac{1}{2} g t_n^2$ nos dan para intervalos entre las señales:

$$\Delta_1 = e_2 - e_1 = \frac{1}{2} g(t_2^2 - t_1^2) = \frac{1}{2} g\theta(t_2 + t_1) = \frac{1}{2} g\theta(2t_1 + \theta),$$

$$\Delta_2 = e_3 - e_2 = \frac{1}{2} g(t_3^2 - t_2^2) = \frac{1}{2} g\theta(t_3 + t_2) = \frac{1}{2} g\theta(2t_1 + 3\theta),$$

. . . . . .

$$\Delta_n = e_{n+1} - e_n = \frac{1}{2} g(t_{n+1}^2 - t_n^2) = \frac{1}{2} g\theta(t_{n+1} + t_n) = \frac{1}{2} g\theta[2t_1 + (2_n - 1)\theta]$$

Para un lugar determinado g es conocida, y el cálculo de t_1 y de θ se realizaría, no utilizando dos de las ecuaciones anteriores, puesto que las Δ irán afectadas de errores experimentales y de medida, sino empleando un número grande de ecuaciones y aplicando la teoría de errores. Pero como

nuestro problema es la medida de θ, y en él, como en otros muchos, t_1, que es arbitrario, pues depende del instante en que el operador provoque la caída del plano, no nos interesa, eliminándolo de las ecuaciones anteriores, obtenemos

$$\Delta_2 - \Delta_1 = g\theta^2,$$
$$\dots\dots\dots\dots$$
$$\Delta_n - \Delta_{n-1} = g\theta^2; \qquad [2]$$

y llamando en general δ a estas diferencias:

$$\delta = g\theta^2. \qquad [2]'$$

Esta sencilla expresión nos daría θ, conocida g, la cual puede determinarse con precisión por otros métodos; aparte de la sencillez, se dispone de numerosas determinaciones de Δ, lo que permite más precisión, pues el valor de δ será promedio de numerosas medidas $\Delta_r - \Delta_{r-1}$, o bien sumando las [2]

$$\frac{\Delta_n - \Delta_1}{n - 1} = g\theta^2 \qquad [3]$$

es elemental que se disminuye el error cometido en el cálculo de $g\theta^2$ a igual error en las Δ.

La fórmula [2]′ nos resuelve dos problemas fundamentales: 1.°, determinación y medida de pequeños intervalos de tiempo θ; 2.°, cálculo de g para un lugar dado. En el primer problema se supone conocida g, como antes decíamos; pero, en el segundo, la determinamos si conocemos con suficiente precisión el procedimiento de producir señales con intervalos θ de tiempo constante y en número crecido; dato de que podemos disponer, utilizando vibraciones acústicas.

Como se ve, eliminado el tiempo t, el método sólo exige medidas lineales de segundas diferencias o diferencias de intervalos Δ; y si la precisión a que se llegue no es muy grande, siempre tendríamos, por lo menos, un método de laboratorio para la determinación de g y para diversas medidas que dependan de una cierta θ; por ejemplo, medida del número de vibraciones de un diapasón.

Apuntemos tan sólo alguna idea acerca del procedimiento experimental que pudiera seguirse en este método.

Para producir la caída del plano, puede utilizarse simplemente la caída de la placa fotográfica entre las muescas de un bastidor, dispuesto verticalmente, evitando con cuerpos blandos, resortes o rozamientos crecientes en el instante final, la rotura o deterioro de la placa inscriptora.

Más práctico puede ser disponer la caída de un peso que arrastra y desarrolla una película fotográfica, o utilizar una película fija a un cilindro en el que esté arrollada, el cual puede hacerse girar por el desenrollado de un cordón del que cuelga un peso; esto permite utilizar películas de grandes o pequeñas dimensiones para una altura de caída grande del peso, y además, mediante esa polea, puede transformarse el movimiento, de modo que no exija pozo en profundidad y utilizarse la disposición en torno, o un sistema de engranajes para comunicar una velocidad de deslizamiento mayor a la superficie donde ha de producirse la impresión de las señales.

Cualquiera que sea la disposición adoptada, se ha de procurar que, en lo posible, se eviten o aminoren, haciéndolos despreciables, los rozamientos, y compensando toda causa de error, para que la caída pueda, prácticamente, asimilarse a la caída libre de un grave en el vacío.

De todos modos, una de las ventajas importantes del método que explicamos es que la misma inscripción gráfica nos dice si, en un intervalo dado, puede el movimiento considerarse como uniformemente acelerado.

Veamos cómo aplicaríamos este método a un cálculo de [2]′, para conseguir las mayores garantías de exactitud en nuestras determinaciones.

Supongamos que conseguimos una inscripción óptica de forma ondulada, proyectando una vibración en el plano móvil de caída; para ello podemos utilizar un diapasón que dé 500 vibraciones por segundo, lo que origina unas 1.000 inflexiones por segundo en la gráfica. Así disponemos de fracciones de 0,001 segundo, con un trazo sumamente fino, por cuanto fácilmente podemos utilizar un foco puntual de 0,05 mm. de diámetro, que puede aún reducirse sin dañar la luminosidad necesaria para la impresión fotográfica.

Dispongamos la caída en cualquiera de las formas indicadas, que permiten fácilmente tener una longitud de la gráfica, entre dos inflexiones consecutivas, de 2 cms. Una longitud tal, con referencias determinadas por un trazo de la finura ya indicada, puede medirse con una precisión de 0,01 mm., lo que representa una precisión de $\frac{1}{2.000}$ para el recorrido durante la milésima de segundo.

Efectuado el experimento, manteniendo eléctricamente la vibración del diapasón, recogida la cinta inscrita y revelada la impresión fotográfica, al proceder a su medida, hemos de hacer las siguientes indicaciones prácticas para su reducción y cálculo.

Que, siendo la expresión [2]′ independiente del tiempo t, no necesitamos conocer ni preocuparnos del instante de caída a que corresponde la inscripción.

Que, por igual razón, si en los comienzos o en algún momento se notan irregularidades en la inscripción, dichos trozos de cinta son desechables, y, en cambio, nos basta utilizar un trozo, sea cualquiera, en el que la marcha haya sido regular.

Que tendremos una comprobación de que en un trozo medible el fenómeno corresponde a un movimiento uniformemente acelerado, porque, al medir cierto número de intervalos Δ consecutivos, sus diferencias consecutivas se mantienen constantes.

Que podemos realizar la medida con suficiente exactitud, midiendo un intervalo Δ, de cada 10 inscritos, para asegurarnos de la constancia indicada de las segundas diferencias, pues

$$\Delta_{10} - \Delta_0 = \Delta_{20} - \Delta_{10} = \ldots$$

ha de ser constante; y para el cálculo de [2]′ podemos utilizar, en un intervalo lo mayor posible, las medidas del primero y último intervalo tan solo.

Que para eliminar errores accidentales de medida, y el error que pudiera proceder de medir un intervalo único, escogido poco acertadamente, los valores de estos intervalos Δ_0 y Δ_n debieran hacerse del siguiente modo:

Puesto que

$$\Delta_1 - \Delta_0 = \Delta_0 - \Delta_{-1},\ \Delta_2 - \Delta_0 = \Delta_0 - \Delta_{-2} \ldots,$$

con lo que

$$\Delta_0 = \frac{\Delta_1 + \Delta_{-1}}{2} = \frac{\Delta_2 + \Delta_{-2}}{2} \ldots$$

pueden medirse cierto número, 19 por ejemplo, de ellos, tomados 9 anterior y 9 posteriormente a Δ_0, escogido como intervalo origen, y adoptar para valor de Δ_0

$$\bar{\Delta}_0 = \frac{1}{10}\left(\Delta_0 + \frac{\Delta_1 + \Delta_{-1}}{2} + \ldots + \frac{\Delta_9 + \Delta_{-9}}{2}\right).$$

y análogamente para valor de Δ_n

$$\bar{\Delta}_n = \frac{1}{10}\left(\Delta_n + \frac{\Delta_{n+1} + \Delta_{n-1}}{2} + \ldots + \frac{\Delta_{n+9} + \Delta_{n-9}}{2}\right).$$

Procediendo en esta forma, los valores que utilizamos en el cálculo no proceden de una medida aislada, sino de un número lo bastante grande

para poder tratar los datos, teniendo en cuenta la existencia de errores accidentales. Así, por ejemplo, si obtenemos intervalos Δ del orden del centímetro de longitud, siendo el trazado de la línea suficientemente delicado, podríamos medirla con un micrómetro, asegurando en el valor de Δ adoptado la centésima de milímetro; esto nos permitiría conocer Δ_0 y Δ_n con un error $\pm$ 0,0001 cm. y calcular el valor de $\delta = (\Delta_n - \Delta_0) : n$, con error del orden $\pm \frac{1}{n}$ 0,0001 cm.

Si en el experimento utilizamos, con los datos ya indicados, una inscripción que comprenda 500 vibraciones completas el error será de un orden de magnitud

$$\pm 0{,}0000001 \text{ cm.} = \pm 10^{-7} \text{ cm.}$$

Calculado el valor de δ, estamos ya en condiciones de aplicar la expresión [2]′ a la resolución de los dos problemas indicados.

Medida de pequeños intervalos de tiempo.—Vamos a aplicar el método descrito a la medida o determinación de pequeños intervalos de tiempo θ, suponiendo conocida g, puesto que [2]′ nos da

$$\theta = \sqrt{\frac{\delta}{g}}. \qquad [4]$$

Como las determinaciones de g se realizan por otros métodos con gran exactitud, y, por lo tanto, nos es bien conocida, la medida de la curva inscrita, resuelve el problema de medir fracciones muy pequeñas de tiempo θ, medida que es aplicable a todo fenómeno físico que se caracterice por un movimiento periódico rápido. Es un método general de determinación de períodos, y en el ejemplo puesto, en que utilizamos un diapasón, un método de medida del número de vibraciones por segundo, del tono de un sonido. Este método *no exige,* como el método gráfico ordinario, *comparación con otro cuerpo vibrante de período conocido; ni exige*, como en las medidas absolutas, *una determinación de tiempo. La medida de* θ *es independiente del tiempo en que se produce la inscripción o instante de la caída*, y depende sólo de medidas lineales y del valor de una constante tan conocida y bien estudiada como g.

Creemos que estas circunstancias pueden hacer de este nuevo procedimiento un método útil y preciso, que se preste a diverso género de investigaciones físicas.

Veamos en un ejemplo la exactitud a que conduciría el método, aplicándolo a la determinación citada del número de vibraciones producidas

por un diapasón. Puesto que el valor de θ está dado por [4] y $\theta = \frac{1}{N}$, siendo N el número de vibraciones buscado, tendremos que

$$N = \sqrt{\frac{g}{\delta}},$$

y, por tanto, el error cometido en N será

$$\Delta N = \pm \frac{1}{2\sqrt{g\delta}} \Delta g \pm \frac{\sqrt{g\delta}}{2\delta^2} \Delta\delta,$$

o bien

$$\Delta N = \frac{N}{2g} (\Delta g \pm N^2 \Delta\delta).$$

Aplicando esto en un cálculo aproximado, con el diapasón de 500 vibraciones, que da para $N = 1.000$, ya que la δ se refiere a medida entre dos inflexiones consecutivas, esto es, a intervalos de un semiperíodo, tendremos, adoptando para $g = 10^3$ valor aproximado suficiente,

$$\Delta N = \frac{1}{2} (\Delta g \pm 10^6 \,.\, \Delta\delta).$$

Si suponemos que el valor δ se conoce, según indicamos anteriormente, con un error probable $\Delta\delta = \pm 10^{-7}$ cm., y si el valor de g se conoce con un error de $\pm$ 0,002, tendremos, en definitiva, que

$$\Delta N = \pm \frac{1}{2} (2 \,.\, 10^{-3} \pm 10^6 \,.\, 10^{-7}),$$

$$= \pm 0{,}001 \pm 0{,}05.$$

Este cálculo nos dice que, en las hipótesis supuestas respecto a la precisión de cada medida, el término de mayor influencia es el debido a un error en el conocimiento de δ, que es el representado por el segundo término. Dicho se está que, razonando sobre un ejemplo numérico, hemos supuesto $\Delta_g = \pm 0{,}002$, lo que supone una serie sistemática de observaciones de alta precisión, y, en cambio, las $\pm$ 0,05 proceden de un solo experimento, adoptando un intervalo $n = 1.000$ y una distancia de 1 cm. entre inflexiones consecutivas como máximo. Se comprende fácilmente que $\Delta\delta$ puede tener menor valor numérico, operando en condiciones más favorables de inscripción (mayor valor de Δ_n y de n) y procediendo δ, no de un experimento, sino de una serie de ellos cual procede g.

Así, planteando en sentido inverso el problema, podemos señalar,

como punto de partida, un valor para ΔN, y deducir la precisión con que han de conocerse los datos, según la finalidad que se persiga al investigar el valor N.

Si se quiere realizar una medida de alta precisión, exigiendo a ΔN el valor $\pm 0{,}001$, vemos que el dato g es conocido con exactitud suficiente para ello; en cambio, el término que depende de δ,

$$\pm \frac{N^3}{2g} \Delta\delta = \pm 5 \,.\, 10^5 \,.\, \Delta\delta$$

exige para $\Delta\delta = \pm 2 \,.\, 10^{-9}$, en vez de $\pm 10^{-7}$ del ejemplo anterior, esto es, aumentar la precisión en 50. Sólo la práctica puede decidir de un modo categórico esta posibilidad, que creemos es el límite a que puede llegar la experimentación.

Si queremos dar al método un carácter práctico, convirtiéndolo en materia de trabajo de cátedra o laboratorio, podemos limitarnos a calcular N en cifras enteras, lo que supone un error probable de media vibración completa; entonces $\Delta N = \pm 1$ exige conocer el valor de g sólo al centímetro, lo que siempre se sabrá, aunque no existan experiencias delicadas en el lugar de que se trate; el valor de δ bastará conocerlo con $\Delta\delta = \pm 2{,}10^{-6}$, lo que se consigue simplemente con un intervalo de la gráfica que contenga 100 inflexiones, deduciendo los valores Δ_0 y Δ_n de los 10 primeros intervalos y precisando la 0,01 mm. en inscripción óptica; o bien en inscripción más prolongada, de 1.000 inflexiones, precisando tan sólo 0,1 mm. Esta resolución indica la posibilidad del empleo, para este caso, de inscripciones mecánicas en vez de ópticas; el experimentador es el llamado a escoger, según la finalidad y las comodidades que le ofrezcan cada método.

Determinación de g.—Ya hemos indicado que la formula [2]′ resuelve el problema de calcular g, si θ es conocida por cualquier otro procedimiento. Como la labor experimental se reduce a determinar δ, y esto ya lo hemos discutido en el caso anterior, no insistimos sobre el asunto. En cuanto a la precisión con que se conocería g, expresando como antes las longitudes en centímetros

$$\Delta g = \pm \frac{2g}{N} \,.\, \Delta N \pm N^2 \,.\, \Delta\delta,$$

que con $g = 10^3$, próximamente, y $N = 10^3$, nos da

$$\Delta g = \pm 2 \,.\, \Delta N \pm 10^6 \,.\, \Delta\delta.$$

Dejando a un lado examinar sobre ejemplos la precisión a que puede

llegarse en cada caso, creemos interesante este procedimiento para la determinación de g, que se funda sólo en medidas de *longitudes pequeñas*, y en el que se ha reemplazado la medida del tiempo o el empleo de cronómetros bien estudiados por el uso de un diapasón, cuyo período es bien conocido. Como idea que damos para la aplicación de este método, indiquemos cómo pudiera construirse un aparato de cátedra destinado a la medida de g. Para este caso no imponemos gran precisión, la inscripción puede ser mecánica y no hay obstáculo en mantener fija una superficie inscriptora y producir la caída de un carro que soporta al diapasón. Dispondremos de una superficie inscriptora, una cinta o especie de regla dispuesta verticalmente; frente a ella, entre dos columnas o carriles, puede caer un carro donde va montado el diapasón que vibra horizontalmente; dicho se está que ha de amortiguarse la caída para evitar los efectos del choque al llegar el cuerpo a la base de sustentación. Utilicemos una altura moderada, de modo que la inscripción útil sean 2 metros; entonces, con un diapasón de $N = 10^3$, midiendo los intervalos Δ sencillamente con un compás de pie de rey que precisa 0,01 cm., tendríamos un intervalo de 200 inflexiones, del que los Δ_0 y Δ^n extremos eran conocidos por la medida de un intervalo 19 Δ, medido con el compás, y de donde podríamos obtener el valor δ con un error del orden 10^{-6}. Si, además, N nos es conocido a una mitad de vibración simple, resultaría el valor de g con $\Delta g = \pm 1$, esto es, determinada g al centímetro con un aparato de cátedra.

Medida de la velocidad de la luz.—Hemos visto que el procedimiento anterior, disponiendo de una inscripción de intervalos de tiempo que valgan $\theta = 0{,}001$ segundos, y precisando las medidas de longitud hasta 0,01 mm., podríamos apreciar hasta $\frac{1}{2.000}$ del intervalo. esto es, $\frac{1}{2.000.000}$ de segundo.

En dicho tiempo la luz recorre 150 m., luego estamos dentro de un orden de magnitudes que permite, por procedimiento físico, realizar una determinación de la velocidad de la luz.

La disposición experimental indicada para la medida de g es ahora utilizable; sólo ha de introducirse una modificación que se reduce a desdoblar el rayo luminoso, que procede del diapasón, en dos: uno, que directamente va a la superficie inscriptora, y otro, que, separado de dicho camino, vuelve a él, después de recorrer una distancia considerable, distancia que se medirá con esmero por procedimientos adecuados, y que es el camino e, recorrido por la luz en el tiempo τ ($e = V\tau$). Medido e, para el cálculo de la velocidad, hemos de determinar el tiempo τ correspondiente;

esta determinación τ es la que se realiza con el procedimiento descrito, por medidas del trazo inscriptor.

Obsérvese, en efecto, que al desdoblar el rayo luminoso y hacer recorrer un largo camino a uno de ellos, la señal luminosa de este segundo rayo caerá retrasada respecto al primero en un tiempo que es precisamente τ, el que emplea la luz en recorrer el camino intercalado; pero durante este tiempo la superficie inscriptora ha caído recorriendo un espacio ε, luego en vez de una gráfica con ondulaciones θ, como en el problema anterior, obtendremos dos gráficas, ambas correspondientes a los mismos intervalos θ entre dos inflexiones consecutivas, pero separadas o distanciadas, según el eje de las abscisas, un espacio variable ε, correspondiente a una diferencia τ de tiempo entre ambos sistemas de señales.

La medida de la gráfica nos permite resolver el problema. Suponemos, en efecto, que para el lugar de la observación el valor de g es conocido con la mayor precisión posible.

(Concluirá).

Eteres y ésteres halogenados

por

José Puyal Gil

(Conclusión)

ÉSTERES

1.º—Ésteres monhalogenados

A) En posición-1

OBTENCIÓN.—Dos son los únicos procedimientos generales utilizados:

1.º *Método de Simpson.*—Consiste en calentar, durante largo tiempo, los halogenuros de los ácidos con los aldehidos (1).

Este fué el primer método usado hasta que se dió a conocer el que sigue.

2.º *Método de Franchimont* (2).—Se distingue del anterior solamente en que se cataliza la acción del halogenuro del ácido sobre el aldehido por medio del cloruro de cinc seco. Presenta sobre el anterior las ventajas de ser más limpio, más cómodo, y de mejores rendimientos.

Propiedades.—Como los 1-halogenéteres, son líquidos incoloros y de olor picante; se descomponen también por el agua, dando aldehido, ácido e hidrácido:

$$R_1 - CHX - O.CO.R_2 + 2H_2O = R_1 - CHO + R_2 - CO.OH + HX.$$

De modo análogo reaccionan con los acetatos de sodio y argéntico:

$$R_1 - CHX - O.CO - R_2 + NaOCO - CH_3 =$$

$$= NaX + R_1 - CH \begin{cases} O.CO - CH_3 \\ O.CO - R_2 \end{cases}$$

Se diferencian de los 1-halogenéteres en que no tienen propiedades

---

(1) A., t. 109, pág. 156.

(2) R., t. 1.º, pág. 246. Beilstein, t. 1.º, pág. 925.

análogas a las de los halogenuros de los ácidos; así no se bromuran con facilidad en α, y, si lo hacen, no es a baja temperatura, sino a cuarenta grados y con ayuda de un catalizador.

Monografías

CLORADOS

Acetato de clorometilo.

$$(CH_3 — CO . O — CH_2 . Cl) . PE = 115\text{-}116^{\circ}.$$

Se obtuvo primero (1) haciendo absorber cloro en frío al acetato de metilo. Después ha sido obtenido por Descudé (2), aplicando el método de Franchimont (acción de los cloruros de los ácidos sobre los aldehidos en presencia de cloruro de cinc); reaccionando el cloruro de acetilo sobre el trioximetileno, con cloruro de cinc como catalizador; juntamente con este éster clorado, se produce diacetato de metileno

$$(CH_3 — CO . O)_2CH_2 \quad (3)$$

y diclorometil-éter simétrico. Se descompone por el agua, dando ácidos acético y clorhídrico. Con disolución alcohólica de acetato potásico se obtiene el diacetato de metileno.

Acetato de 1-cloretilo

$$(CH_3 — CO . O . CHCl — CH_3) . PE = 121^{\circ},5.$$

Simpson (4) lo obtuvo por la acción del cloruro de acetilo sobre el aldehido; al mismo tiempo se produce acetato de etilideno. Würtz (5), clorando el aldehido, y Franchimont (6), por la acción del cloruro de acetilo sobre el paraldehido en presencia de cloruro de etilo, también lo obtuvieron. Por los álcalis se descompone en aldehido, y en las sales correspondientes de los ácidos clorhídrico y acético. El cloro en presencia de iodo a 120°, lo convierte en acetato de 1-2-2-tricloretilo:

$$CH_3 — CO . O — CHCl — CHCl_2.$$

---

(1) Henry. B., t. 6.°, pág. 740. Beilstein, t. 1.°, pág. 407.
(2) C. r., t. 132, pág. 1.567.
(3) Descudé. C. r., t. 134, pág. 1.065.
(4) A., t. 109, pág. 156.
(5) A., t. 102, pág. 94.
(6) R., t. 1.°, pág. 246. Beils.

Calentando el acetato de 1-cloretilo entre 100 y 103° y dejándole caer gota a gota el bromo, se produce el acetato bromado de brometilo.

Por el procedimiento de Franchimont han sido obtenidos por Descudé (1) los siguientes ésteres monoclorados:

Propionato de clorometilo

$$(CH_3 - CH_2 - CO . O . CH_2Cl) . PE = 128\text{-}130°.$$

Butirato de clorometilo

$$(CH_3 - CH_2 - CH_2 - CO . O . CH_2Cl) . PE = 150°.$$

Isobutirato de clorometilo

$$[(CH_3)_2CH - CO . O . CH_2Cl] . PE = 138\text{-}140°.$$

Isovalerianato de clorometilo

$$[(CH_3)_2CH - CH_2 - CO . O . CH_2Cl] . PE = 171°.$$

Por el método de Simpson (2) de calentar los cloruros de los ácidos con los aldehidos fueron obtenidos por Rübencamp (3) los siguientes:

Propionato de 1-cloretilo

$$(CH_3 - CH_2 - CO . O . CHCl - CH_3) . PE = 120°.$$

Butirato de 1-cloretilo

$$(CH_3 - CH_2 - CH_2 - CO . O . CHCl - CH_3) . PE = 149°.$$

Isovalerianato de 1-cloretilo

$$[(CH_3)_2CH - CH_2 - CO . O . CHCl - CH_3] . PE = 162°.$$

Acetato de 1-clorisovalerilo

$$[CH_3 - CO . O . CHCl - CH_2 - CH(CH_3)_2] . PE = 118\text{-}128°.$$

Simpson lo ha obtenido calentando el aldehido isovaleriánico con cloruro de acetilo durante tres horas a 100°. Se descompone lentamente por el agua (4).

---

(1) Bl., t [3] 27, pág. 867. C., año 1902, t. 2.°, pág. 934.
(2) Loc. cit.
(3) A., t. 225, pág. 276.
(4) Bl., t. 31, pág. 410. Beilstein, t. 1.°, pág. 953.

BROMADOS

Acetato de bromometilo

$$(CH_3 - CO . O . CH_2Br) . PE = 130^\circ.$$

El bromuro de acetilo reacciona con el polioximetileno, aunque no con tanta facilidad como el cloruro, originando la formación del compuesto

$$CH_3 - CO . O . CH_2Br.$$

Se descompone por el agua en ácido bromhídrico, ácido acético y metanal.

Acetato de 1-brometilo

$$(CH_3 - CO . O . CHBr - CH_3) . PE = 130\text{-}135^\circ \text{ a } 350\text{-}370 \text{ mm}.$$

Se produce, según Kessel (1), bromando entre 100 y 103° el derivado clorado correspondiente.

B) En posición-2

OBTENCIÓN.—La base para obtenerlos son las alohidrinas, que reaccionan con las sales alcalinas de los ácidos, dando ésteres-alcoholes en posición-2, en los cuales no hay más que convertir la función alcohólica en derivado halogenado:

$$R_1 - CHX - CHOH - R_2 \xrightarrow{Na . O . CO - R_3} R_1 - \underset{\underset{R_3 - CO . O}{|}}{CH} - CHOH -$$

$$- R_2 \xrightarrow{\text{Halogenación}} R_3 - CO . O . \underset{\underset{R_1}{|}}{CH} - CHX - R_2.$$

Propiedades.—Se diferencian de los anteriores en que no tienen olor picante, y no se descomponen por el agua.

Monografías

Acetato de 2-cloretilo

$$(CH_3 - CO . O . CH_2 - CH_2Cl) . PE = 145^\circ.$$

Se obtuvo primero calentando cantidades equimoleculares de glicol y

(1) B., t. 10, pág. 1.999.

ácido acético a 100° y pasando gas clorhídrico (1); luego con gas clorhídrico y monacetato del glicol (2); después con glicol y cloruro de acetilo en vaso abierto y en frío (3). También se obtiene con clorhidrina de glicol

$$CH_2Cl - CH_2OH$$

y anhidrido acético a 110° (4), o clorhidrina del glicol

$$CH_2Cl - CH_2OH$$

y cloruro de acetilo a la misma temperatura (5).

Acetato de 2-cloropropilo

$$(CH_3 - CO . O . CH_2 - CHCl - CH_3) . PE = 158\text{-}159^\circ.$$

Según Henry, puede obtenerse del siguiente modo (6): la hidratación del cloruro de alilo por el ácido sulfúrico da la propileno monoclorhidrina secundaria; ésta con acetato potásico da el monacetato de propilenglicol secundario, que se puede clorurar por el cloruro de tionilo. Las reacciones son:

$$CH_2 = CH - CH_2Cl \xrightarrow{H_2O} CH_3 - CHOH - CH_2Cl \xrightarrow{Na . O . CO - CH_3}$$

$$\rightarrow CH_3 - CHOH - CH_2 . O . CO - CH_3 \xrightarrow{Cl_2} CH_3 - CHCl -$$

$$- CH_2 . O . CO - CH_3.$$

Acetato de 2-clorisopropilo

$$[CH_3 - CH(O . CO - CH_3) - CH_2Cl] . PE = 149\text{-}150^\circ.$$

También obtenido por Henry, de un modo análogo al anterior (7).

Acetato de 2-cloro-2-metilpropilo

$$[CH_3 - CO . O . CH_2 - CCl(CH_3)_2] . PE = 153\text{-}154^\circ.$$

---

(1) Simpson. A., t., 112, pág. 147.
(2) Simpson. A., t. 113, pág. 116.
(3) Lurenço. A., t. 114, pág. 126.
(4) Ladenburg y Demole. B., t. 6.°, pág. 1.024. Beilstein, t. 1.°, pág. 408.
(5) Henry. B., 7.°, pág. 70. Beilstein, t. 1.°, pág. 408.
(6) Henry. *Bull. Acad. Roy. Belg.*, año 1902, pág. 445. C., año 1902, tomo 2.°, pág. 929.
(7) Henry. *Bull. Acad. Roy. Belg.*, año 1902, pág. 445. C., año 1890, tomo 2.°, pág. 929.

Henry lo obtuvo por la acción del acetato potásico sobre la α isobutileno-clorhidrina

$$CH_2Cl - C(OH)(CH_3)_2$$

y cloruración del producto resultante. La α isobutileno-clorhidrina se obtiene descomponiendo el producto de adición del magnesiano del bromuro de metilo con la monocloracetona o el éster monoclorado (1), reacciones:

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_2Cl \end{matrix}\!\!>CO + Mg\!<\!\!\begin{matrix} Br \\ CH_3 \end{matrix} = \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>C\!<\!\!\begin{matrix} OMgBr \\ CH_2Cl \end{matrix} \xrightarrow{H_2O}$$

$$\rightarrow \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>C(OH)CH_2Cl \xrightarrow{Na\,.\,O\,.\,CO - CH_3} CH_3 - CO\,.\,O\,.\,CH_2 -$$

$$- C(OH)(CH_3)_2 \xrightarrow{Cl_2} CH_3 - CO\,.\,O\,.\,CH_2 - CCl(CH_3)_2.$$

Acetato de 2-cloro-1-metilpropilo

$$[CH_3 - CO\,.\,O\,.\,C(CH_3)_2 - CH_2Cl]\,.\,PE = 160\text{-}161^\circ.$$

Cuando se hace pasar el gas clorhídrico sobre el óxido de isobutileno se produce la β clorhidrina del isobutileno

$$(CH_3)_2CCl - CH_2OH$$

con gran desarrollo de calor; esta clorhidrina con acetato potásico y cloruración del producto resultante da la cloracetina correspondiente (2), reacciones:

$$(CH_3)_2 - \underset{\underset{O}{\diagup\diagdown}}{C} - CH_2 \xrightarrow{HCl} (CH_3)_2CCl - CH_2OH \xrightarrow{Na\,.\,O\,.\,CO - CH_3}$$

$$\rightarrow (CH_3)_2C(O\,.\,CO - CH_3) - CH_2OH \xrightarrow{Cl_2} (CH_3)_2C(O\,.\,CO - CH_3) - CH_2Cl.$$

BROMADOS

2-Brometiléster

$$(CH_3 - CO\,.\,O\,.\,CH_2 - CH_2Br)\,.\,PE = 162\text{-}163^\circ.$$

Se obtuvo primero con monacetato del glicol y ácido bromhídrico a 100° (3). Henry lo ha obtenido haciendo pasar gas bromhídrico sobre el acetato del glicol sin enfriar (4):

---

(1) Henry. C. r., t. 142, pág. 493.
(2) Henry. Loc. cit.
(3) Demole. A., t. 173, pág. 121.
(4) *Bull. Acad., Roy. Belg.*, año 1901, pág. 249.

$$\begin{array}{l} CH_2.O.CO-CH_3 \\ | \\ CH_2.O.CO-CH_3 \end{array} + HBr = BrCH_2-CH_2.O.CO-CH_3 + CH_3-CO.OH;$$

por destilación fraccionada se separa la bromacetina. Reacciona con el ioduro sódico, dando la iodacetina y bromuro sódico. El bromo es muy lábil.

IODADOS

2-iodetiléster

$$(CH_3 - CO . O . CH_2 - CH_2I) . PE = 184^o.$$

Con monacetato del glicol o una mezcla del glicol y ácido acético, haciéndo pasar gas iodhídrico en frío hasta saturación (1), Henry lo obtuvo procediendo de esta suerte: a la disolución saturada por ácido bromhídrico co del diacetato del glicol, se le agrega la cantidad correspondiente de ioduro sódico, se calienta en baño de arena a la ebullición durante una hora, se vierte en agua, se lava con agua sulfurosa y se destila en el vacío.

2.°—Ésteres dihalogenados

En posición 1-2

El único descrito es el

Acetato de 1-2-dicloretilo

$$(CH_3 - CO . O . CHCl - CH_2Cl) . PE = 133\text{-}137^o.$$

Natterer (2) por la acción del cloruro de acetilo sobre el hidrato de cloraldehido, obtuvo un cuerpo, con olor a frutas, de punto de ebullición 160-165° y que es insoluble en el agua, al cual le asignó la fórmula arriba expresada. Esto no es posible, según hemos demostrado, por varias razones (véase parte experimental): 1.° Porque el olor de tales cuerpos no puede ser de frutas, sino que es análogo al de los 1-monocloréteres, es decir, picante. 2.° Tratándose de un éster halogenado en posición-1 no es posible que sea insoluble en el agua, tiene que ser soluble con previa descomposición; y 3.° Lo que es lógico que Natterer obtuviera, no es el monacetato, sino el diacetato de cloretilideno:

$$CH_2Cl - CH(OH)_2 + 2Cl . CO - CH_3 =$$
$$= 2HCl + CH_2Cl - CH(O . CO - CH_3)_2,$$

(1) Simpson. A., t. 113, pág. 123.
(2) M., t. 3.°, pág. 453. Beilstein, t. 1.°, pág. 928.

el cual huele a fruta, no es soluble en el agua, tiene de punto de ebullición 158-162°, y que hemos obtenido siguiendo otro método: por la acción del cloruro de acetilo, sobre el cloracetal, en presencia del cloruro de cinc como catalizador (véase parte experimental) se produce el acetato de 1-2-dicloretilo:

$$CH_2Cl - CH(O \,.\, C_2H_5)_2 + 2Cl \,.\, CO - CH_3 =$$
$$= C_2H_5Cl + C_2H_5 \,.\, O \,.\, CO - CH_3 + CH_2Cl - CHCl \,.\, O \,.\, CO - CH_3.$$

Si sobre este dicloréster se hace actuar el acetato sódico, prodúcese el diacetato de cloretilideno:

$$CH_2Cl - CH \left| \begin{matrix} Cl + Na \\ | \\ CH_3CO \,.\, O \end{matrix} \right| O \,.\, CO - CH_3 =$$
$$= NaCl + CH_2Cl - CH(O \,.\, CO - CH_3)_2.$$

Bromuración del acetato de 1-cloretilo.

Si se ponen cantidades equimolecularas de acetato de 1-cloretilo y de bromo, no reaccionan en frío, ni aun en caliente; pero si se añade un poco de hierro, actúa como catalizador, y la reacción se efectúa a unos 40°, perdiéndose buena parte del bromo. El producto destila mal alrededor de 80° a 40 milímetros (véase parte experimental).

PARTE EXPERIMENTAL

1.°—Éteres halogenados

a) 1-cloretilmetiléter

$$CH_3 - CHCl - O - CH_3.$$

En un matraz de Erlenmeyer, como de 200 c. c., se coloca una mezcla de 44 gramos de paraldehido y 35 gramos de alcohol metílico (cantidades equimoleculares), y se introduce en hielo fundente. Se hace pasar por la mezcla una corriente de gas clorhídrico seco, obtenido calentando con una pequeña llama la mezcla de sal común (200 gramos), ácido sulfúrico comercial (250 c. c.), y agua (100 c. c.), introducida en un matraz con tubo de seguridad y otro de desprendimiento, que se une a un borboteador de ácido sulfúrico. El ácido clorhídrico comienza por enturbiar la masa, y poco a poco se separan dos capas, la inferior de agua, y la superior del éter. Cuando ya no absorbe más gas clorhídrico se apaga la llama. Se traspasa todo el líquido a un embudo de llave para separar la capa inferior, pasando la superior a un frasco que contiene cloruro de calcio

fundido para desecarla. Al cabo de dos o tres horas, cuando ya está seco, se procede a la destilación para purificarlo.

Se coloca el líquido en un matraz de destilación fraccionada como de 100 c. c., unido por intermedio de refrigerante a un frasco de succión en donde se recoge el líquido procedente de la destilación; y con objeto de que el producto no se descomponga por la humedad de la atmósfera y no moleste el ácido clorhídrico, se une dicho frasco a un borboteador que contiene agua, interponiendo entre ambos un tubo con cloruro cálcico desecado. La mayor parte del producto destila cuando marca 72° el termómetro. Rendimiento, 60 gramos.

b) 1-*cloro-2-brometil-metiléter*

$$CH_2Br - CHCl - O - CH_3.$$

La bromuración del éter clorado antes obtenido, se practica en un aparato que consta de un matraz con tapón atravesado por dos agujeros, por uno de los cuales pasa el tubo de una ampolla de bromo, y, por el otro, un tubo de desprendimiento, unido por intermedio de otro con cloruro cálcico al frasco borboteador de agua. En el matraz, sumergido en agua a 0°, se ponen 20 gramos del éter clorado, y en la ampolla 33 gramos de bromo (cantidades equimoleculares). Se deja caer éste gota a gota, agitando el matraz para que se mezcle bien y no haya en ningún punto un exceso de bromo, se observa la rápida decoloración del bromo y un desprendimiento regular de ácido bromhídrico que es absorbido por el agua del frasco borboteador. Una vez que se ha añadido la cantidad teórica de bromo, si se agrega una gota más, queda sin ser decolorada mucho tiempo; lo cual significa que el éter 1-monoclorado es a 0° capaz de ser bromurado, pero la reacción no continúa así que un átomo de hidrógeno de la molécula ha sido reemplazado por el bromo.

Cuando todo el bromo ha sido añadido, se deja en reposo para que la reacción resulte completa, y se procede luego a la destilación fraccionada. Si ésta se hace a la presión ordinaria, el producto pasa a 167°, pero hay descomposición; se debe por lo tanto operar en el vacío.

La destilación se hace en un aparato corriente de destilación fraccionada en el vacío, pero con objeto de que la humedad procedente del agua de la trompa, no descomponga el producto, se interpone en el aparato un tubo de cloruro cálcico. El cuerpo destila entre 55 y 60° a la presión de 11 milímetros. Se obtienen 33 gramos. Inmediatamente que la operación ha terminado, deben lavarse las gomas del aparato para que no sean atacadas por los hidrácidos.

1.º- Éter 1-clorodietílico y derivados

a) 1-clorodietiléter

$$CH_3 — CHCl — O — C_2H_5.$$

I) *Obtención del acetaldehido.*—Se introducen 200 gramos de bicromato potásico en trozos, del tamaño de una lenteja, y 600 c. c. de agua en un matraz de dos litros de capacidad, provisto de un tapón con dos agujeros, por uno pasa una ampolla de bromo, en la que se pone una mezcla de 200 gramos de alcohol y 270 gramos de ácido sulfúrico, y por el otro agujero una alargadera unida a un refrigerante ascendente lleno de agua a 25° próximamente, que va unido por intermedio de un codillo a un embudo de bromo, cuyo pico se sumerge en el alcohol (25 gramos), contenido en un matraz de Erlenmeyer de peso conocido y rodeado de una mezcla frigorífica. Se abre la llave que deja pasar gota a gota la mezcla de alcohol y sulfúrico, la masa se calienta por sí sola, se colorea en verde, y el aldehido destila en cantidad bastante abundante, junto con alcohol y agua. Al final hay que calentar para hacer pasar todo el aldehido. En el refrigerante se condensan el agua y el alcohol, que vuelven al matraz, y el aldehido pasa, disolviéndose en el alcohol del matraz. Cuando la operación ha terminado, se vuelve a pesar, y el aumento de peso indica la cantidad de aldehido obtenido (aproximadamente 30 gramos). Se completa, si hace falta, la cantidad de alcohol para obtener una mezcla en proporciones equimoleculares.

II) Por la mezcla de aldehido y alcohol se hace pasar corriente de gas clorhídrico seco hasta saturación, en el mismo aparato y teniendo idénticas precauciones que para obtener el anterior éter 1-cloretilmetílico. Se separa la capa superior, que se seca sobre cloruro cálcico y se destila a presión ordinaria, recogiendo la fracción que pasa entre 85 y 90°. Se obtiene un rendimiento de 40 gramos.

Otra de las veces que hemos obtenido el 1-clorodietiléter, en vez de usar el acetaldehido, empleamos el paraldehido del comercio. Se satura en frío una mezcla de 44 gramos de paraldehido y 50 de alcohol, por gas clorhídrico.

b) 1-cloro-2-bromodietiléter

$$CH_2Br — CHCl — O — C_2H_5.$$

La bromuración del 1-clorodietiléter se hace en el mismo aparato y con

análogos cuidados que la del 1-cloretilmetiléter. En el matraz se colocan 25 gramos de éter 1-clorodietílico, y por el embudo se echan 30 gramos de bromo seco. Así que la reacción ha terminado, se destila a presión reducida; a 13 milímetros el producto pasa entre 64 y 65°. Rendimiento, 42 gramos. Para demostrar la constitución de este cuerpo, nos hemos valido de su propiedad de dar con el alcoholato sódico α bromacetal, descrito por Fischer (1), quien lo obtuvo por distinto camino. Dos cosas teníamos que demostrar para probar su constitución, a saber: que contiene el átomo de bromo en el mismo grupo etílico del cloro y que se encuentra en posición-2; su conversión en α bromacetal lo prueba. He aquí como operamos:

c) α bromacetal

$$CH_2Br - CH(O \,.\, C_2H_5)_2.$$

En un matraz de 100 c. c. de capacidad, provisto de refrigerante ascendente, se colocan 35 c. c. de alcohol absoluto, y se van añadiendo poco a poco 2,9 gramos de sodio, para formar el alcoholato; al final, si el sodio no se disuelve por sí solo, habrá que calentar. Cuando todo el sodio está disuelto, se enfría el matraz con hielo a 0°, y se dejan caer gota a gota por el refrigerante 26 gramos de éter 1-cloro-2-bromo dietílico (la cantidad teórica respecto del sodio). Desde la adición de las primeras gotas se ve producirse un abundante precipitado blanco de cloruro de sodio. Después de terminada la adición, hay que completar la reacción calentando media hora a baño de María. Luego se vierte la mezcla en el en el agua, para separar el bromacetal del alcohol y de la parte de los productos que no hubieran reaccionado; conviene dejar el bromacetal con el agua algún tiempo y agitar; después se pasa todo a un embudo de llave, para separar el bromacetal, que es más denso que el agua. Se pone en un frasco sobre cloruro cálcico para desecarlo, y después de dos horas se destila a baja presión. A la de 20 milímetros pasan 18 gramos de producto entre 70 y 72°. Una parte de éste fué de nuevo destilada, para ver su punto de ebullición a la presión ordinaria, y destiló a 170°, con ligera descomposición, es decir, a la misma de Fischer.

2.°—1-cloroetilisamiléter y derivados

a) 1-cloroetilisamiléter

$$CH_3 - CHCl - O - CH_2 - CH_2 - CH(CH_3)_2.$$

---

(1) B., t. 25, pág. 2.551.

La mezcla de 30 gramos de alcohol amílico y 15 gramos de paraldehido (cantidades equimoleculares) colocada en un matraz enfriado con hielo, es tratada con gas clorhídrico seco hasta saturación; se observa al principio un enturbiamiento del líquido, y luego la separación en dos capas. Así que se ha conseguido la saturación, se cesa de pasar gas clorhídrico, y se coloca todo el líquido en un embudo con llave, se separa la capa inferior, que es de agua saturada de ácido clorhídrico, secando la superior con cloruro cálcico. Después, se rectifica a la presión de 50 milímetros, el producto pasa entre 74 y 76°. Rendimiento, 36,5 gramos.

b) 1-cloro-2-brometil-isamiléter

$$CH_2Br - CHCl - O - CH_2 - CH_2 - CH(CH_3)_2.$$

La bromuración del 1-cloretil-isamiléter se hace en el mismo aparato de siempre. Se colocan 33 gramos del éter clorado en el matraz enfriado con hielo, y el bromo (35 gramos), colocado en la ampolla, se deja caer gota a gota, viéndose producir un desprendimiento regular de ácido bromhídrico, mientras el bromo que cae al agitar se decolora. Cuando la cantidad teórica de bromo ha sido añadida, una gota no es decolorada en mucho tiempo. Se procede luego a rectificar el producto a baja presión; si la destilación se hace a 25 milímetros, el producto pasa entre 115 y 120°.

c) 2-bromobutil-isamiléter

$$CH_2Br - CH(C_2H_5) - O - CH_2 - CH_2 - CH(CH_3)_2.$$

Se obtiene haciendo reaccionar el cloréterbromado acabado de obtener, sobre el magnesiano de bromuro de etilo.

I) Preparación del bromuro de etil-magnesio

En matraz, provisto de un buen refrigerante de reflujo, ambos perfectamente secos, se ponen 15 c. c. de éter anhidro, 2,5 gramos de magnesio en polvo y una traza de iodo como catalizador. Se agrega poco a poco el bromuro de etilo (10 gramos) mezclados con otros 15 c. c. de éter anhidro. Cuando la reacción es muy violenta, se modera enfriando el matraz con agua. Después de añadido todo el bromuro, se calienta en baño María durante media hora.

II) *Acción del 1-cloro-2-brometil-isamiléter sobre el magnesiano del bromuro de etilo.*—Se enfría el matraz muy bien, con mezcla frigo-

rífica de hielo y sal, y dejamos caer gota a gota 23 gramos del clorobrométer; como la reacción es excesivamente violenta, a pesar del enfriamiento, tuvimos que diluir el clorobrométer con su volumen de éter sulfúrico anhidro. Al terminar la adición, el líquido frío está separado en dos dos capas, cuya formación ignoramos a qué es debida; pero, al hervir se unen, y luego se separa un precipitado; la ebullición se mantiene durante media hora. Se trata el producto por agua con ácido clorhidrico que disuelve las alcohil-sales, se lava, se neutraliza el exceso de ácido clorhídrico con sosa diluída y se lava de nuevo con agua. El producto se seca muy bien con cloruro cálcico fundido, y el éter se evapora en baño de María. Se rectifica el brométer obtenido en el vacío: a 20 milímetros pasan 12 gramos entre 98 y 102 grados, después sube el termómetro, y un poco del clorobrométer no atacado, destila.

3.º—Éter 1-clorisamiletílico y derivados

a) 1-clorisamil-etiléter

$$(CH_3)_2 = CH - CH_2 - CHCl - O - C_2H_5.$$

I) *Obtención del aldehido valeriánico*

$$(CH_3)_2CH - CH_2 - CHO.$$

Lo hemos preparado por el método de Bouveault. Se colocan 100 gramos de alcohol amílico comercial (aceite de Füssel, fuselol) en un matraz de destilación fraccionada de 200 c. c. de capacidad, el cual va unido por el tubo de desprendimiento a un refrigerante, y tiene en la boca un tapón atravesado por el tubo de una ampolla de bromo. El matraz se calienta a 100º con baño de aceite, y por la ampolla se deja caer poco a poco una disolución caliente de 110 gramos de bicromato potásico en 225 c. c. de agua y 90 gramos de ácido sulfúrico (ha de ser la disolución calentada, porque en frío el bicromato no se disuelve completamente). Al caer la mezcla crómica se va produciendo una destilación de agua y aldehido. Cuando toda ha sido añadida, aun se continúa calentando aumentando algo la temperatura para que destile el aldehido por completo. El líquido destilado queda dividido en dos capas, una del aldehido y otra de agua; se separa ésta y el aldehido se seca, poniéndolo en un frasco con acetato sódico fundido. Después de seco, se somete a la destilación fraccionada, para lo cual hay que hacer uso de una buena columna de rectificación; se

recoge lo que destila hasta 100°, pero pasa la mayor parte a 94°. El aldehido isovaleriánico así obtenido, no es puro; contiene, además, unas gotas de agua que se separan por decantación; pero puede utilizarse perfectamente para obtener los derivados siguientes:

II) *1-clorisamil-etiléter.*—A una mezcla de 43 gramos de aldehido isovaleriánico y 27 gramos de alcohol etílico (cantidades equimoleculares), colocada en una matraz enfriado a 0°, le hicimos pasar, como siempre, gas clorhídrico seco hasta saturación. El líquido se enturbia al comenzar, y al final, la separación de las dos capas, de agua y del éter clorado es bien clara. Pasando el líquido a un embudo de llave y separando la capa de agua, saturada, claro está, de ácido clorhídrico, se seca la del éter con mucho cloruro cálcico en la forma acostumbrada. Se recoge, destilando a 20 milímetros de presión, la fracción que pasa entre 54 y 55°, que pesa 45 gramos.

III) *1-cloro-bromo-2-isamil-etiléter*

$$(CH_3)_2CH — CHBr — CHCl — O — C_2H_5.$$

Para la bromuración del 1-clorisamil-etiléter se opera del mismo modo que para la del 1-cloretil-metiléter: en el matraz se ponen 43 gramos del producto monoclorado, y en la ampolla 45 gramos de bromo (pesos equimoleculares). El matraz se enfría con hielo, y el bromo se deja caer gota a gota. El desprendimiento de ácido bromhídrico es regular, y el bromo es decolorado en cuanto se agita el matraz. Al final, si se pone una gota más de bromo de la cantidad teórica, permanece sin ser decolorada. El producto de la reacción destila a 94-96° a la presión de 15 milímetros. El rendimiento es de 50 gramos.

Análisis.—El análisis de este éter clorobromado lo hemos efectuado por el método de Carius. He aquí el modo de operar:

Empezamos por hacer una ampollita donde se introduce la substancia, la pesamos vacía para saber la cantidad de líquido problema introducido, y luego, después de llena, se vuelve a pesar; la diferencia de peso da el de la substancia. Se introduce en el tubo de Carius 0,5 gramos de nitrato de plata, como 2 c. c. de ácido nítrico fumante, de densidad 1,52, exento de halógenos, y la ampollita con el problema. Después se procede a cerrar el tubo, cuya operación es la más delicada de este análisis. Se empieza por calentar con llama luminosa la boca del tubo, y, así que está caliente, se insufla aire, con objeto de llevarla al rojo, y se continúa calentando sin tirar, para que las paredes sean gruesas y puedan resistir la presión que han de soportar; poco a poco el diámetro del tubo disminuye,

y cuando ya es muy estrecho, se estira un poco para hacer un capilar de unos 2 o 3 centímetros de largo. Una vez cerrado, se pasea por la llama iluminante el capilar para que se enfríe lentamente.

Cuando está frío, se le sacude bruscamente para que se rompa la ampolla, y se procede a calentar el tubo. Esto se hace en la estufa de Gatterman, teniendo la precaución de calentar lentamente al principio. Calentamos durante tres horas a 250°.

Una vez terminado el calentamiento, se procede a la apertura del tubo. Es una operación peligrosa, y hay que tomar ciertas precauciones. Se apaga la estufa, y allí se deja el tubo hasta que está frío, se coge envolviéndolo en un paño, se funde con un mechero la punta del capilar; se nota un ligero silbido indicador de la salida de los gases que están a presión en el tubo. Se coloca entonces el tubo en un baño María, donde se calienta media hora para eliminar los gases y los vapores nitrosos. Con un triángulo se hace una incisión a un dedo o dos de distancia del capilar, y aplicando en ella una punta de vidrio fundido se consigue hacer saltar la boca del tubo.

Su contenido se deja caer en un vaso, y se lavan las dos partes del tubo con agua destilada. El lavado se continúa hasta que no queda nada de producto. Para quitar las partículas muy adherentes se utiliza un agitador que lleva un anillo de caucho. Se calienta el vaso para llevar el líquido a la ebullición, con objeto de destruir combinaciones dobles, que pudieran formarse, de nitrato de plata y derivado halogenado. Después se procede a verter el contenido del vaso sobre el crisol de Gootch, preparado del siguiente modo:

Se coge el crisol, se pone en su fondo un poco (lo menos posible) de amianto en largas fibras, preparado para este objeto, y encima la rodaja de porcelana. Se adapta el crisol mediante una ancha anilla de goma, a una alargadera que, a su vez, se ajusta a un frasco chupador o de vacío. La preparación de este crisol requiere práctica, pues suele ocurrir que el líquido no pase o pase muy lentamente, o que, por el contrario, pasen líquido y precipitado. Conviene también no abrir por completo la llave de la trompa, para que no tire demasiado y se obturen los poros del crisol, que luego de preparado en tal forma, se seca en la estufa a 120° y se pesa. El contenido del vaso (líquido y precipitado) se filtra en caliente a la trompa sobre el crisol, que retiene el precipitado y los trozos de vidrio de la ampolla; este último es lavado repetidas veces, y el crisol es de nuevo secado a 120°, y luego pesado hasta peso constante. Deduciendo de esta pesada, el peso del crisol y el de la ampollita vacíos, se tiene el peso de la suma del cloruro y bromuro de plata.

CÁLCULOS

Ampolla + substancia....	=	0,4864	gramos.
» vacía.....	=	0,1275	»
Substancia...	=	0,3589	»
Crisol + AgBr + AgCl	=	14,6425	»
» vacío.....	=	14,2649	»
AgBr + AgCl	=	0,3776	»

Cl + Br encontrado $^0/_0$ 51,12.
Calculado para $C_7H_{13}OClBr$ $^0/_0$ 50,51.

IV) *Aldehido α bromisovaleriánico*

$$(CH_3)_2CH - CHBr - CHO.$$

Se colocan 20 gramos de 1-cloro-2-bromo-isamil-etiléter con 100 centímetros cúbicos de agua en un matraz con refrigerante de reflujo, se dejan estar doce horas, agitando con frecuencia, y al cabo de este tiempo se calienta durante media hora al baño de María. Después de frío se separa la capa oleosa, que por ser más densa que el agua está en el fondo, y se seca con acetato sódico fundido. Destilado el producto seco a la presión de 25 milímetros, pasa la mayor parte entre 55 y 56°. Rendimiento, 11 gramos.

También de éste cuerpo se hizo análisis por el método de Carius, obteniendo los resultados que se expresan:

CÁLCULOS

Ampolla + substancia....	=	0,4480	gramos.
» vacía.....	=	0,1824	»
Substancia...	=	0,2656	»
Crisol + ampolla + AgBr	=	15,1065	»
» vacío.....	=	14,6425	»
Ampolla vacía.....	=	0,1824	»
AgBr.....	=	0,2816	»

Br encontrado $^0/_0$ 49,47.
Calculado para C_5H_9OBr $^0/_0$ 48,44.

Para demostrar que el aldehido obtenido es, en realidad, el aldehido

bromisovaleriánico. y que, por lo tanto, que el clorobrométer tiene sus átomos de cloro y de bromo en posición-1-2 respectivamente, nos hemos valido de su conversión en el ácido bromado correspondiente, por oxidación mediante el anhidrido crómico. El ácido α bromisovaleriánico ya era conocido, estando demostrada su constitución.

V) *Ácido α bromisovaleriánico*

$$(CH_3)_2CH - CHBr - COOH.$$

En un matraz, con refrigerante de reflujo, se colocan 10 gramos del aldehido bromisovaleriánico, y se añade poco a poco una disolución de 4,3 gramos de anhidrido crómico en 100 c. c. de agua con 5 c. c. de ácido sulfúrico. Así que se agregan las primeras gotas, se calienta hasta la ebullición y se continúa la adición. Luego de terminada, se sigue calentando hasta que el líquido esté completamente verde, y después de frío se extrae con éter.

Se lava la capa etérea con agua y se sacude con sosa diluída, para separar la fracción ácida. La disolución acuosa de las sales que se obtiene, se trata con ácido clorhídrico, para poner el ácido orgánico en libertad, y se extrae con éter. La capa etérea se seca con mucho cloruro cálcico y se elimina el éter en baño de María. De este modo queda un residuo que no conseguimos hacer cristalizar por no estar muy puro (el ácido α bromisovaleriánico funde a 44°), y como por tener poca cantidad no pudimos someterlo a la destilación fraccionada, optamos por convertirlo en amida, fácil de caracterizar por su punto de fusión.

VI) *Amida del ácido α bromisovaleriánico*

$$(CH_3)_2CH - CHBr - CO . NH_2.$$

En un tubo de ensayo, con otro ascendente que sirve de refrigerante, se colocaron 0,9 gramos del ácido obtenido, y se añadieron 20 gotas de cloruro de tionilo. Se calienta, durante algunos minutos, a baño de María, y cuando la reacción ha terminado, se vierte el todo sobre 20 c. c. de amoníaco concentrado y enfriado con mezcla frigorífica. El precipitado blanco obtenido se filtra a la trompa y se seca. Para purificarlo se cristaliza en benceno; a la segunda cristalización funde a 132°. El punto de fusión de la amida del ácido α bromisovaleriánico es de 133° (según el Belstein). De estos resultados se deduce que la posición ocupada por el bromo en el aldehido sometido a la oxidación es α.

VII) *Acetal dietílico del aldehido α bromisovalérico*

Este acetal ha sido obtenido en aparato análogo y de una manera semejante al del bromo-acetaldehido; 1,5 gramos de sodio se disuelven en 20 c. c. de alcohol absoluto. Sobre este alcoholato enfriado con mezcla frigorífica se dejan caer gota a gota 15 gramos del 1-cloro-2-brom-isamil-etiléter. Se ve producirse un precipitado blanco de cloruro sódico. Al final, la reacción requiere ayuda, calentando a reflujo con baño de María durante media hora. Después de fría la mezcla, se vierte en agua, se separa con un embudo de llave la capa oleosa que está en el fondo y se seca con cloruro cálcico. El producto seco se rectifica en el vacío. A 30 milímetros de presión destila entre 105 y 107°.

Del análisis realizado por el método de Carius se encuentra:

CÁLCULOS

Ampolla + substancia. . .	= 0,3462	gramos.
» vacía.	= 0,1650	»
Substancia. . . .	= 0,1812	»
Crisol + ampolla + BrAg	= 15,4162	»
» vacío.	= 15,1065	»
Ampolla vacía.	= 0,1650	»
BrAg.	= 0,1447	»

Br encontrado % 33,96.

Calculado para $C_9H_{19}O_2Br$ % 33,46.

4.°—1-clorenantil-etiléter y derivados

a) 1-*clorenantil-etiléter*

$$CH_3 - (CH_2)_5 - CHCl - O - C_2H_5.$$

I) *Obtención del enantol.*—Se obtiene fácilmente por destilación en el vacío del aceite de ricino. He aquí el modo de operar: Se colocan 100 gramos de aceite de ricino en un matraz de destilación fraccionada de unos 250 c. c. de capacidad, el cual va unido por su tubuladura lateral a la boca de otro de destilación, por intermedio de un buen tapón de caucho. La tubuladura de este segundo matraz se une con la trompa, intercalando entre ambos un manómetro. La boca del primer matraz se ha de cerrar por un buen tapón de caucho, atravesado por un tubo suficientemente ancho para

que en su interior pueda llevar un termómetro, y cuyo extremo inferior está estirado en capilar, que llega hasta muy cerca del fondo del matraz. Se enfría con mezcla frigorífica el matraz condensador, mientras se calienta con precaución con un mechero el otro; se ha de hacer con precauciones esta destilación, porque no es regular, sino con sobresaltos, pudiendo ocurrir la ruptura del aparato. El final se nota en que ya no destila, aumentando en cambio los sobresaltos de toda la masa. El producto recogido se somete a una nueva destilación fraccionada en el vacío; pero, en vez de calentar el matraz directamente con un mechero, se hace con agua caliente, y después en otra nueva rectificación se recoge lo que pasa entre 45 y 50° a la presión de 15 milímetros. El rendimiento es de 16 gramos, más de la cantidad indicada en el Beilstein, por ser los ricinos españoles más ricos en enantol.

II) *1-clorenantil-etiléter*

$$CH_3 - (CH_2)_5 - CHCl - O - C_2H_5.$$

Hemos obtenido este éter clorado por el método ya dicho de Würtz. En un matraz de Erlenmeyer se colocan los 16 gramos del enantol antes obtenido y se le añaden 7 gramos de alcohol de 95 por 100 (cantidades equimoleculares). El líquido se calentó un poco al añadir el alcohol. A esta mezcla de enantol y alcohol enfriada, se le hace pasar una corriente de gas clorhídrico seco, observándose el enturbiamiento del líquido al principio y la separación de dos capas muy bien definidas al final. Después de la saturación de la mezcla, se separa la capa inferior en un embudo de separación y se pone la superior a secar con cloruro cálcico fundido. Al cabo de dos horas, cuando ya está bien seco, se procede a la destilación en el vacío, con la precaución indicada al tratar de la obtención del clorobrométer ordinario; a 20 milímetros el producto pasa a 83°. Rendimiento, 18,5 gramos.

b) Acetal dietílico del enantol

$$CH_3 - (CH_2)_5 - CH(O \,.\, C_2H_5)_2.$$

Se emplean para su obtención cantidades equimoleculares de sodio (o sea de alcoholato) y del éter-óxido clorado.

En matraz provisto de refrigerante de reflujo de unos 50 c. c. de capacidad, se colocan 10 c. c. de alcohol absoluto, y se añaden poco a poco 0,7 gramos de sodio para formar el alcoholato; así que el sodio está disuelto, para lo cual hay a veces que calentar un poco, se enfría bien el matraz con la mezcla frigorífica de hielo y sal, dejando caer muy poco a

poco 6,5 gramos de 1-clorenantil-etiléter; un precipitado blanco muy abundante de cloruro de sodio se forma a medida que el éter clorado cae. Después de añadido todo, se calienta a reflujo con baño de María durante más de media hora; al cabo de este tiempo, se vierte el producto en agua que disuelve el cloruro de sodio, descompone el éter clorado que no haya reaccionado en ácido clorhídrico, enantol y alcohol, y separa el acetal. En embudo de llave se separa el acetal, que se pone a secar con cloruro cálcico. Cuando está seco, se rectifica a presión ordinaria; 4,5 gramos del producto pasan a 208°. Este acetal lo obtuvimos porque no estaba descripto, y teníamos el clorenantil-etiléter abundante.

c) 1-cloro-2-bromenantil-etiléter

$$CH_3 — (CH_2)_4 — CHBr — CHCl — O — C_2H_5.$$

La bromuración del éter clorado enantiletílico ha sido hecha en el aparato descrito. A 18,5 gramos del derivado clorado puestos en el matraz se le dejan caer gota a gota 17 gramos de bromo seco (cantidad teórica), enfriando el matraz con agua cuando hace falta. La reacción marcha muy bien, como todas estas bromuraciones; gota de bromo que cae, gota que al agitar se decolora, mientras el gas bromhídrico producido se desprende con toda regularidad, y el líquido queda limpio e incoloro. Al llegar a la la cantidad teórica, es inútil poner más bromo, porque ya el líquido no lo absorbe. Después de echado el bromo, se procede a rectificar el producto en el vacío; si la destilación se hace a 20 milímetros, 22 gramos del éter cloro bromado pasan a 128°.

d) α bromenantol

$$CH_3 — (CH_2)_4 — CHBr — CHO.$$

Se vierten 20 gramos del éter cloro-bromado acabado de obtener sobre agua, dejándolos en contacto durante un día; se calienta luego a reflujo durante más de media hora con baño de María. Después de frío se separa con un embudo de llave la capa de aspecto aceitosa del fondo, poniéndola a secar con acetato sódico fundido. Se somete el producto bien seco a la destilación fraccionada en el vacío; a 20 milímetros destila a 87°. Rendimiento, 10 gramos.

e) Acetal dietílico del α bromenantol

$$CH_3(CH_2)_4 — CHBr — CH(O \cdot C_2H_5)_2.$$

Como siempre se prepara primero el alcoholato sódico. Se disuelven

1,1 gramos de sodio en unos 12 c. c. de alcohol absoluto. Al alcoholato (o mejor dicho, a su disolución alcohólica), bien enfriada con mezcla frigorífica de hielo y sal, se le añaden muy poco a poco 10,5 gramos de 1-cloro-2-brom-enantil-etiléter. Se calienta luego a reflujo por espacio de más de media hora y se vierte el producto en agua, que disuelve el cloruro sódico formado y descompone el clorobrométer que no hubiera podido reaccionar. Se separa el acetal bromado, que se seca con cloruro cálcico y se rectifica después en el vacío con las precauciones ya descritas; 7 gramos del producto puro destilan a 112° a la presión de 12 milímetros.

5.°—Clorometil-etiléter

$$CH_2Cl - O - C_2H_5.$$

Lo hemos preparado, no solamente con el trioximetileno y el alcohol etílico, sino también directamente con formol y alcohol. Si a 50 c. c. de formol del comercio (que contiene 20 gramos próximamente de formaldehido) se agregan 40 c. c. de alcohol de 95°, y se satura por gas clorhídrico la mezcla enfriada, se ve al principio el enturbiamiento de la masa, y después de mucho tiempo, la separación de las dos capas, la inferior es de agua saturada de ácido clorhídrico, y la superior, mucho más pequeña, del éter monoclorado. Se separa ésta con embudo de llave, se seca con cloruro cálcico y se rectifica recogiendo lo que pasa a 80°.

Este clorometiléter fué preparado con varios objetos.

1.° Para probar que no se bromuran en frío, lo cual nos demuestra que estos éteres clorados, a semejanza de los cloruros de ácidos, no se bromuran más que en α.

2.° Con objeto de obtener fácilmente el éter dietílico del glicol. Esperábamos que practicando la reacción de Fittig y Tollens obtendríamos el éter dietílico del glicol, según expresa la reacción:

$$\begin{array}{r|ll} C_2H_5 - O - CH_2 & Cl & Na \\ & - + & - \\ C_2H_5 - O - CH_2 & Cl & Na \end{array} = 2NaCl + \begin{array}{l} C_2H_5 - O - CH_2 \\ \quad\quad\quad\quad | \\ C_2H_5 - O - CH_2 \end{array}$$

pero no hemos obtenido buen rendimiento.

3.° Con él hemos intentado preparar el acetato de clorometilo, valiéndonos de las siguientes reacciones: El clorometil-etiléter reacciona con acetato sódico seco para dar el éter-mixto acetiletil-metílico

$$CH_2 \begin{cases} O . CO - CH_3 \\ O . C_2H_5 \end{cases}$$

ya descrito. Creíamos que al hacer pasar por este cuerpo una corriente de

ácido clorhídrico seco, saltaría el grupo etílico; mas no es ésta la reacción que se reproduce, sino que saltando el grupo acetilo el éter clorometil-etílico es regenerado.

7.°—1-1′ dicloretiléter

$$CH_3 — CHCl — O — CHCl — CH_3.$$

Este dicloréter ha sido preparado del siguiente modo: Por 30 gramos de acetaldehido puro previamente preparado, puestos en un matraz de Erlenmeyer muy bien enfriado con mezcla de hielo y sal, se hace pasar una corriente de gas clorhídrico seco, obtenida como antes se dice. Al principio hay enturbiamiento del líquido, y bien pronto se observa la separación de dos capas bien definidas. Después de la saturación, se separa la capa inferior de agua por medio de embudo de llave, secando bien con cloruro cálcico la superior que, por último, se rectifica.

Este éter diclorado lo hemos obtenido para probar si, a semejanza de lo que pasa con los monoclorados, se puede bromurar, dando un dibrométer diclorado, según la reacción:

$$CH_3 — CHCl — O — CHCl — CH_3 + 2Br_2 =$$
$$= 2HBr + CH_2Br — CHCl — O — CHCl — CH_2Br.$$

Intentamos esta bromuración poniendo 10 gramos del dicloréter en el matraz del aparato descrito, y por la ampolla dejamos caer unas gotas de bromo, enfriando con hielo. Visto que, a pesar de agitar y esperar mucho rato, el bromo no desaparece, suprimimos el enfriamiento, y ni aun así la bromuración marcha. Para ver si con ayuda de catalizador se consigue, añadimos al dicloréter un poco de limaduras de hierro, y nada conseguimos; de lo cual se deduce que estos éteres 1-monhalogenados, al pasar a dihalogenados, pierden por completo su carácter de semejanza con los halogenuros de ácido, y por esto no se bromuran en α, como lo hacen didichos halogenuros, lo cual era de esperar dada su constitución.

2.°—Ésteres halogenados

1.° *Acetato de clorometilo*

$$CH_3 — CO . O . CH_2Cl.$$

Cantidades: 15 gramos de trioximetileno, 39 gramos de cloruro de acetilo y 1 gramo de cloruro de cinc.

En matraz, con refrigerante de reflujo, se pone el trioximetileno junto

con el cloruro de cinc, y se añade poco a poco el cloruro de acetilo. Visto que la reacción no marcha en frío, se calentó hasta ebullición, con lo cual el trioximetileno se disuelve rápidamente. Se pasa la disolución a un matraz de destilación fraccionada y se destila a presión reducida; a 165 milímetros se recoge lo que pasa entre 68 y 88°. Se redestila el producto a presión ordinaria, recogiendo 32 gramos entre 110 y 120°. Hay descomposición con desprendimiento de ácido clorhídrico.

2.° *Acetato de 1-cloretilo*

$$CH_3 — CO . O . CHCl — CH_3.$$

En matraz, con refrigerante de reflujo, se colocan 16 gramos de cloruro de acetilo, 9 gramos de paraldehido y una pequeñísima cantidad de cloruro de cinc. La reacción marcha muy de prisa, y hacia los 20° empieza a ser violenta; se disminuye su velocidad enfriando el matraz con hielo. Después de terminada la reacción, se destila el producto, recogiendo lo que pasa entre 100 y 120° en la primera destilación, y entre 115 y 120° en la segunda. El rendimiento es casi cuantitativo.

Bromuración del acetato de cloretilo

Se colocan en un matraz provisto de tapón con dos agujeros, por uno de los cuales pasa un refrigerante de reflujo, y, por el otro, el tubo de una ampolla de bromo, 10 gramos del acetato de cloretilo antes obtenido, y por la ampolla se dejan caer 16 gramos de bromo. Como la reacción no marcha ni en frío ni en caliente, se añade un poco de alambre de hierro como catalizador. La reacción se efectúa, aunque mal, a la temperatura de unos 40°, perdiéndose buena parte del bromo. El producto destila mal a 80° y 40 milímetros.

3.° *Acetato de cloretilo*

$$CH_3 — CO . O . CHCl — CH_2Cl.$$

En matraz, con refrigerante de reflujo, se colocan 22 gramos de cloracetal, 30 gramos de cloruro de acetilo y un granito imperceptible de cloruro de cinc. Al calentar un poco la reacción se produce rompiendo a hervir el líquido. Se completa calentando media hora a reflujo, así que ya no marcha por sí sola. El producto se rectifica en el vacío; a 30 milímetros destila: primero, un producto muy volátil, que no se condensa; luego, una fracción que pasa por debajo de 60°, y otra, de 60 a 70°, en la cual y a 65° para casi todo el producto. Se rectifican las dos fracciones a presión ordi-

naria; destila el producto entre 133 y 137°, y la mayor parte entre 134 y 135°.

Diacetato de 2-cloretilo

$$(CH_3 — CO . O)_2CH — CH_2Cl.$$

A 10 gramos del acetato de dicloretilo acabado de obtener, se agregan 6 gramos de acetato sódico fundido y se destila a presión ordinaria; pasa primero un poco del acetato de dicloretilo que no ha reaccionado, y luego sube el termómetro hasta 160°. El producto destilado se trata por agua y por sosa diluída hasta reacción alcalina a la fenoltaleína, separándose la capa insoluble, que tiene olor a fruta, y que es el cuerpo que debió obtener Natterer. Se rectifica a presión ordinaria entre 155 y 170°, la destilación se hace con ligera descomposición.

4.° *Acetato de 1-cloro-2-brometilo*

$$CH_3 — CO . O . CHCl — CH_2Br.$$

Hemos intentado obtenerlo por otro método distinto del anterior, aunque también con mal rendimiento.

A 16 gramos de 1-cloro 2-bromo-dietiléter colocados en un matraz provisto de refrigerante de reflujo, se añaden 6,5 gramos de cloruro de acetilo, no reaccionan en frío; pero calentando el matraz hasta la ebullición del líquido, la reacción comienza, observándose un poco de desprendimiento de gases no condensables en el refrigerante. Bien pronto la masa comienza a colorearse fuertemente; entonces se deja de calentar, y después de frío se pasa el líquido a un matraz de destilación fraccionada de vacío. Primeramente destila mucho cloruro de acetilo que no ha reaccionado, después la mitad del producto pasa hacia 65° (producto no alterado), y el resto destila entre 74 y 78° (producto de reacción). Se vuelve a poner todo el destilado con 3 gramos de cloruro de acetilo, y se añade un poco de cloruro de cinc como catalizador. Reacciona entonces enérgicamente, ennegreciéndose la masa al calentarse. Se calienta un momento a reflujo, y luego se destila en el vacío. El termómetro sube sin estacionarse, pasando casi a 74°. Muy mal rendimiento.

Estudio farmacológico de algunos nuevos hipnóticos

Trabajo del Laboratorio de Terapéutica de la Facultad de Medicina de Madrid

Director: PROFESOR HERNANDO

Ayudante: SANCHIS-BANÚS

La técnica de los ensayos es la aconsejada por Fühner *(Nachveis und Bestimung von Giften auf biologischen Wege*, 1911).

La investigación completa comprende varios tiempos: 1.° Se opera con animales de sangre fría y de activa respiración cutánea (peces, renacuajos, ranas), a los que se introducen disoluciones de los cuerpos problema, determinando el tiempo que tardan en dormirse, comparativamente con animales de la misma especie y tamaño introducidos en disoluciones de hidrato de cloral, tomadas como tipo. 2.° Cuando los animales han llegado al estado de muerte aparente, se les introduce en agua limpia (un volumen conocido e idéntico para todos), y se determina el tiempo que tardan en despertar. 3.° Se determina luego el efecto hipnótico de las disoluciones inyectadas en los sacos linfáticos de las ranas. 4.° En animales de sangre caliente (conejos, cobayas) se determina la acción hipnótica en comparación con la del cloral, administrando disoluciones del medicamento por la boca o en inyecciones hipodérmicas.

Bromacetal

Peces.—*Primera investigación, 18 febrero 1918.*

En dos cápsulas iguales, que contienen cada una 250 c. c. de disoluciones de hidrato de cloral y de bromacetal respectivamente (el bromacetal no se disuelve en el agua, y para este experimento se le prepara en fina emulsión). Se introducen dos peces dorados de estanque de 11 centímetros de longitud. Aunque los libros advierten que esta especie no es muy propia para la investigación, no se ha podido disponer de otro género de peces.

Para juzgar de la mayor o menor profundidad de su sueño, se adopta el criterio tipo de excitar con un agitador la aleta caudal, muy sensible en estos animales. Cuando ya no responden a la excitación, se intenta darles una vuelta, colocándolos en posición invertida (abdomen hacia la superficie). Estas pruebas se repiten de medio en medio minuto durante todo el experimento. Cuando el animal flota de costado, se le da por dormido, los resultados fueron:

Hidrato de cloral 1 por 100	Bromacetal 1 por 100	Horas
Introducción.....	Introducción.....	11,25
Bien normal.....	Bien normal.....	11,29
Bien normal.....	Bien normal.....	11,38
Bien normal.....	Movimientos torpes....	11,44
Movimientos torpes....	Movimientos muy torpes.	11,46
Movimientos torpes....	Dormido.....	11,47
Movimientos muy torpes.	Muerte aparente.....	11,48
Dormido.....	»	11,49
Muerte aparente.....	»	11,50

Los peces resisten la acción de ambos hipnóticos bastante bien; pero se ve, desde luego, que la vivacidad del introducido en el bromoacetal se afecta más rápidamente que la del introducido en hidrato de cloral. Queda, en efecto, completamente dormido dos minutos antes que el otro. Parece, pues, que el bromacetal en este primer experimento se muestra a igual concentración más activo que el hidrato de cloral.

Segundo experimento. Ya dormidos los animales, se vierte rápidamente el líquido hipnótico en que están introducidos y se les sustituye por agua clara. Repitiendo sistemáticamente cada medio minuto las pruebas ya indicadas, se obtiene el resultado siguiente:

Pez A (cloral)..... Despertó a las 8,30 m. del día 19.
Pez B (bromacetal).. Despertó a las 13 del día 19.

Durmió, pues, el del bromacetal, durante veinticinco horas, diez minutos, es decir, 4,30 horas más que el del cloral, que durmió durante 20,40 horas. La acción del bromacetal se muestra, pues, más duradera que la del cloral.

Ranas.—*Segunda investigación, 19-II-1918.*

La técnica es la misma seguida para los peces. En lugar de cápsulas se emplean bocales altos de cristal para que los animales no se escapen.

Cuando las reacciones motoras provocadas desaparecen, se explora el reflejo conjuntival.

PRIMER EXPERIMENTO. En las ranas, la diferencia en la intensidad de acción se marca más enteramente que en los peces. En el hidrato de cloral la rana tarda treinta y cinco minutos en dormirse, en tanto que otra del mismo peso en el bromacetal necesita tan sólo trece minutos.

Un segundo experimento fué todavía más demostrativo, pues una rana introducida en bromacetal (rana temporaria, peso, 56 gramos), tardó solamente cuatro minutos en quedar en estado de muerte aparente (sin reflejo conjuntival). Una vez dormidos, se depositó a los tres animales en cápsulas, conteniendo 300 c. c. de agua clara. El resultado de este tercer experimento fué:

Animal observado	Resultado de la observación.
Rana 1 (cloral).....	Despertó a los 52 m. de sueño.
Rana 2A (bromacetal).	No despierta, muerte del animal.
Rana 2B (bromacetal).	A los 90 m. aparece el reflejo conjuntival.

El animal que ha permanecido durante trece minutos en la disolución de bromacetal, muere. El que permaneció tan sólo cuatro, tarda en despertar treinta y ocho minutos más que la rana dormida por el cloral. También sobre las ranas parece más intensa y más duradera la acción del bromacetal que la del cloral.

Renacuajos.—*Tercera investigación, 20-II-1918.*

La misma técnica que en las anteriores investigaciones, utilizando renacuajos iguales en tamaño.

En la disolución de bromacetal (1 por 100) dos renacuajos se durmieron después de un minuto y cuarenta y dos segundos de permanencia. A los veintidós minutos y treinta segundos de permanencia en agua clara, despertaron.

En la disolución de hidrato de cloral (1 por 100) tardaron en dormirse dos renacuajos iguales seis minutos y quince segundos, y tardaron en despertar diez y ocho minutos. Sobre los renacuajos la acción del bromacetal es más rápida y más duradera que la del cloral.

Ranas.—*Cuarta investigación, 21-II-1918. (Inyección.)*

De la disolución al 1 por 100 de bromacetal se inyectan en el saco ventral de una rana temporaria que pesa 94 gramos, 4 c. c. a las 10,11 horas. A las 10,18 horas las reacciones a la excitación son aún positivas. A

las 10,20, sin reflejos a la excitación, pero con reflejo conjuntival. A las 10,24, muerte aparente. Ha tardado trece minutos en llegar a este estado.

Rana de 104 gramos de peso. En el saco ventral se inyectan 4 c. c. de disolución de hidrato de cloral a las 10,19 horas. A las 10,32, torpeza motriz, con conservación de reflejos. A las 10,37, estado de muerte aparente. Ha tardado diez y ocho minutos en sobrevenir.

A las 12,14 (una hora y cincuenta minutos después de quedar dormida) la rana del bromacetal recobra los reflejos y se mueve espontáneamente. La rana del cloral ha muerto.

En inyección en las ranas parece el bromacetal de acción más rápida y duradera que el cloral. La rana inyectada de cloral ha muerto por razones ajenas a la experiencia (probablemente estaba enferma antes de ser inyectada).

Animales de sangre caliente

Quinta investigación.—**Cobayas.** Disolución de bromacetal al 1 por 100 en inyección hipodérmica.

PRIMER EXPERIMENTO.—**Cobaya de 420 gramos de peso.** Inyección de 1 c. c. de disolución de bromacetal. Sin novedad.

SEGUNDO EXPERIMENTO. **Cobaya de 528 gramos.** Inyección de 3 c. c. de disolución de bromacetal. Sin novedad.

TERCER EXPERIMENTO.—**Cobaya de 380 gramos.** Inyección de 10 c. c. de disolución de bromacetal. A los nueve minutos, torpeza motriz. Inmovilidad. A las dos horas, normal.

CUARTO EXPERIMENTO.—**Cobaya de 640 gramos.** Inyección de 25 c. c. de disolución de bromacetal. A los ocho minutos, inmovilidad. Muerte a las tres horas.

Sexta investigación.—**Conejos.** Administración por la boca de la disolución al 10 por 100 de bromacetal.

PRIMER EXPERIMENTO.—Administración por la boca de 5 centigramos por kilo. Sin novedad.

SEGUNDO EXPERIMENTO.—Administración por la boca de 10 centigramos por kilo. Torpeza motriz sin llegar al sueño.

TERCER EXPERIMENTO.—Administración por la boca de 15 centigramos por kilo. A los quince minutos titubeó. A los treinta y cinco minutos sueño con parálisis motriz completa. A las cuatro horas, normalidad.

CUARTO EXPERIMENTO.—Administración de un gramo por kilo. Muerte a las cuatro horas.

ENSAYOS CON EL BROMOVALERILACETAL

Animales de sangre fría

Primera investigación.—**Renacuajos.**

PRIMERO Y SEGUNDO EXPERIMENTO.—Disolución al 1 por 100. Se duermen a los dos minutos y diez y ocho segundos. Despiertan uno de ellos a los veintisiete minutos y veinticinco segundos, el otro despierta a los cuarenta minutos y cincuenta y cinco segundos.

Segunda investigación,—**Peces.** Se les introduce a las 11,6 horas. A las 11,39 horas están dormidos. A las diez y ocho horas despiertan.

Tercera investigación.—**Ranas.** Inyección en el saco dorsal de 5 c. c. de la disolución al 1 por 100. Duermen a los diez y ocho minutos. Muerte del animal.

El resto de los ensayos realizados no están aún suficientemente sistematizados para exponerlos.

CONCLUSIONES

1.ª Hemos encontrado que, para obtener los éteres monhalogenados en posición-1, el mejor método es el de Würtz, consistente en hacer reaccionar los hidrácidos secos sobre mezclas equimoleculares de un aldehido y de un alcohol. Aplicando este método, hemos conseguido preparar los siguientes 1-monocloréteres no descritos:

1-clorisovaleril-etiléter

$$(CH_3)_2 - CH - CH_2 - CHCl - O - C_2H_5.$$

1-clorenantil-etiléter

$$CH_3 - (CH_2)_5 - CHCl - O - C_2H_5.$$

2.ª Para preparar los monhalogenéteres en posición-2, además del

método de Henry, está el de Houben y Führer, y de él nos hemos servido para preparar el *2-bromisobutil-isamiléter*

$$CH_2Br - CH(C_2H_5) - O - C_5H_{11},$$

que damos a conocer.

3.ª Como tales éteres 1-monhalogenados tienen la propiedad de reaccionar con los alcoholatos dando acetales, este es el mejor método, por su comodidad y economía, para prepararlos. Utilizándolo hemos preparado el *eterdietílico del enantol*

$$CH_3 - (CH_2)_5 - CH(O \,.\, C_2H_5)_2,$$

que no era conocido.

4.ª El único método general de obtención de éteres 1-1′ dihalogenados es el que consiste en hacer pasar una corriente de un hidrácido seco sobre los aldehidos o sus productos de polimerización enfriados.

5.ª Estos dihalogenéteres no tienen propiedades análogas a los 1-monhalogenéteres y no se bromuran en α como ellos.

6.ª Los éteres 1-monhalogenados tienen propiedades semejantes a los halogenuros de los ácidos; se bromuran en frío, alcanzando el bromo la posición α respecto del átomo de carbono que contiene el halógeno. Aprovechándonos de esta propiedad por nosotros encontrada, hemos obtenido los clorobrométeres que siguen:

1-cloro 2-brometil-metiléter

$$CH_2Br - CHCl - O - CH_3.$$

1-cloro 2-bromo-dietiléter

$$CH_2Br - CHCl - O - C_2H_5.$$

1-cloro 2-brometil-isamiléter

$$CH_2Br - CHCl - O - CH_2 - CH_2 - CH(CH_3)_2.$$

1-cloro 2-bromisamil-etiléter

$$(CH_3)_2CH - CHBr - CHCl - O - C_2H_5.$$

1-cloro 2-bromenantil-etiléter

$$CH_3(CH_2)_4 - CHBr - CHCl - O - C_2H_5.$$

7.ª Los clorobrométeres son mucho más fáciles de obtener por nuestro método que por los demás, y a él habrá que recurrir cuando se quiera preparar un 1-2-dihalogenéter. Estos clorobrométeres son inapreciables desde el punto de vista sintético, pues se prestan a multitud de reacciones que más adelante daremos a conocer.

8.ª Como los 1-monocloréteres, los 1-cloro 2-brométeres se descomponen por el agua dando alcohol, ácido clorhídrico y un aldehido bromado. Esta propiedad la hemos utilizado en la obtención de los aldehidos no conocidos:

Aldehido α bromisovaleriánico,

Aldehido α bromenántico.

9.ª También reaccionan los 1-cloro 2-brométeres con los alcoholatos dando acetales monhalógenados. Así fueron preparados los siguientes no descritos:

Acetal dietílico del aldehido α bromisovaleriánico.

Acetal dietílico del aldehido α bromenántico.

Estos acetales tienen poderosa acción hipnótica.

10. Los 1-cloro 2-brométeres reaccionan con gran energía con la fenilhidracina en disolución etérea, dando cuerpos que, en contacto con el oxígeno del aire, se transforman en *añil*.

11. Para preparar los ésteres 1-monhalogenados, el mejor método es el de Franchimont, consistente en hacer reaccionar un halogenuro de ácido sobre un aldehido o sobre su producto de polimerización, en presencia de cloruro de cinc como catalizador.

12. Estos ésteres 1-monoclorados que, a semejanza de los éteres 1-monoclorados se descomponen por el agua, son también susceptibles de ser bromados, pero con gran dificultad y con muy mal rendimiento.

13. El único 1-2-dihalogenéster que se conoce, el *acetato de 1-2-dicloretilo*

$$CH_3 — CO . O . CHCl — CH_2Cl.$$

lo damos a conocer y lo hemos obtenido por la acción del cloruro de acetilo sobre el cloracetal en presencia de cloruro de cinc.

14. Los ésteres 1-monhalogenados reaccionan con el acetato sódico dando diésteres, lo mismo que los ésteres 1-2-dihalogenados. Valiéndonos de esta propiedad, hemos obtenido el *diacetato de 2-cloretilo*.

Para más detalles véase especialmente la parte experimental.

Madrid, Laboratorio de Química Biológica de la Junta para Ampliación de Estudios.

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE NÚMERO

Páginas.

I. Reflexiones acerca de la resolución de las ecuaciones algébricas numéricas por el método de Gräffe, por *Vicente Ventosa* 113

II. Teoremas nuevos, por *Nicolás de Ugarte* 132

III. Don Eduardo Tarroja, por *Miguel Vegas* 136

IV. Estudio de los caracteres métricos y morfológicos del cuerpo de los peces, por *Luis Lozano y Rey*. (Conclusión) 142

V. Nuevo método para medir la velocidad de la luz. Determinación de algunas constantes físicas, que dependen de la medida de pequeños intervalos de tiempo, por *Pedro Carrasco Garrorena* 201

VI. Éteres y ésteres halogenados, por *José Puyal Gil*. (Conclusión) 217

La suscripción a esta Revista se hace por tomos completos, de 500 a 600 páginas, al precio de 12 pesetas en España y 12 francos en el extranjero, en la Secretaría de la Academia, calle de Valverde, número 26, Madrid.

Precio de este cuaderno: **1,50 pesetas.**

REVISTA

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

DE

MADRID

TOMO XVII: 2.º DE LA 2.ª SERIE

NÚMEROS 7, 8 Y 9: ENERO, FEBRERO Y MARZO DE 1919

SMITHSONIAN INSTITUTION
APR 7 1927
NATIONAL MUSEUM

MADRID
IMPRENTA CLÁSICA ESPAÑOLA
GLORIETA DE CHAMBERÍ
1919

Revisión crítica de las especies peninsulares del género Viola

por

B. Lázaro e Ibiza

Generalidades

Constituyen las especies del género *Viola* una de las entidades genéricas más homogéneas, hasta el punto de que, aun por su aspecto, se asemejan todas, no sólo en su organización floral y fructificación, sino hasta en la forma de sus limbos foliares, que en la mayoría de ellas presentan un tipo muy análogo.

Por la duración de su vida, la gran mayoría de las especies de este género corresponden al tipo de las plantas herbáceas perennes o rizocárpicas, aunque algunas son anuales, como las *Viola tricolor, Demetria y parvula.*

Si atendemos al desarrollo de su tallo, encontraríamos entre ellas dos tipos morfológicos diversos: uno, el de las especies llamadas acaules, sin más tallo que el subterráneo o rizoma, siempre poco profundo y aun a veces casi superficial, sobre cuya cara superior se insertan directamente las hojas, las estipulas y los pedúnculos florales, y otro el de las especies caulescentes o provistas de un tallo aéreo, coexistente con el rizoma cuando las especies son rizocárpicas, o único tallo cuando nos referimos a las especies anuales. Algunas *Violas* acaules y perennes pueden emitir renuevos o brotes laterales, que tendidos sobre el suelo y con la condición de ser radicantes producen nuevos pies de planta alrededor del primero, y de esto son buen ejemplo las *Viola adorata*, *alba* y *palustris*, aunque carezcan de estos brotes o renuevos, las especies caulescentes todas y la generalidad de las anuales. Hay entre éstas una de nuestra flora que re-

cuerda en algo esta morfología, la *Viola Demetria*, cuyo tallo primario es tan corto que se confunde con las acaules, y que sólo presenta una flor terminal, pero más tarde emite tallos laterales y filiformes, no radicantes, que producen nuevas hojas y flores; mas como esta es una especie indiscutiblemente anual, este caso no puede asimilarse biológicamente a los antes citados.

En cuanto a la *Viola tricolor* o pensamiento, en general podemos considerarla como anual, sobre todo en nuestros climas; pero en condiciones climatológicas determinadas puede ser alguna vez bienal y aun vivir algún año más.

Las hojas de las violetas ofrecen un tipo muy análogo en la mayor parte de las especies, pues la forma de peciolo largo y limbo acorazonado con el contorno festonado o levemente dentado, es, sin duda alguna, la más general, aunque dentro de este tipo pueden presentarse variantes según el vértice sea acuminado *(Viola hirta)* u obtuso hasta resultar el limbo arriñonado *(V. palustris)*.

Existen limbos de otra forma. Tal es la palmeado-hendida, inscribible en un contorno semejante al que limita la forma anterior, y cuyo mejor ejemplo es la *V. pinnata*, que, aunque europea, no existe en la Península. Obsérvase en otras formas un marcado predominio de la longitud sobre la anchura de los limbos, resultando estos ovales prolongados o lanceolados *(Viola lactea, tricolor, lutea, elatior,* etc.*)* marcándose aún más esta desproporción en los limbos espatulados, lanceolados, estrechos, casi lineales *(V. arborescens)*, y, sobre todo, en la nueva especie *(V. longifólia)*, que por primera vez se menciona en este trabajo.

Más variadas que las hojas son las estípulas (lám. I), que constantemente presentan las especies de este género, pues, según puede verse en dicha lámina, las hay indivisas, ya con los bordes enteros *(V. biflora, Cenisia, Nevadensis*, etc.), ya con las márgenes desflecadas o pestañosas *(V. canina, sylvatica, rupestris*, etc.*)*, ya con los bordes dentados o hendidos *(V. cornuta*, *lactea*, *stagnina*, etc.), o ya con el limbo partido en lóbulos diversos, bien sea pinnado-partido por ambos lados *(lutea, tricolor, Kitaibeliana)*, o ya palmeado-hendido *(Viola heterophylla)*.

Sucede en algunas especies que las estipulas no son todas semejantes, sino que existe entre ellas diferencia más o menos marcada entre las que corresponden a las hojas inferiores y las medianas y a veces superiores. Nótase algo este polimorfismo en la *Viola stagnina*, en la que las estipulas de las hojas inferiores presentan pocos dientes en sus lados, y las de las hojas medias y superiores los poseen más numerosos. Pero, sobre todo, en la *Viola elatior*, en la que el polimorfismo es más evidente, pues las

inferiores son pequeñas, agudas y con dientes numerosos y muy marcados, y las de las hojas medias y superiores son triple mayores, obtusas y apenas dentadas, o con alguna lacinia en su base.

La inflorescencia no ofrece variantes en las violetas, pues las flores, solitarias, siempre están sobre pedúnculos largos y aun larguísimos, sin más diferencia que la de que estos pedúnculos nazcan directamente del rizoma, como escapos, en las especies acaules, o se inserten en las axilas de las hojas superiores en las especies caulescentes. En uno y otro caso estos pedúnculos se encorvan en su ápice, formando una cayada incompleta, a la que se debe la posición especial que las flores tienen en las especies de este género. General es también que estos pedúnculos presenten dos brácteas pequeñas, opuestas o casi opuestas, insertas un poco más arriba de la mitad de su longitud, rara vez más cerca de la flor.

El cáliz es siempre irregular, más que por la forma de los sépalos, que son casi iguales en las generalidades de las especies, por la posición que las distribuye formando ángulos diferentes entre sí, principalmente aquellos dos entre los cuales pasa el espolón del pétalo medio y algo también por la dirección o inclinación de cada sépalo respecto del eje ideal de la flor. En todas las especies los sépalos ofrecen la particularidad notable de prolongarse por debajo de su inserción en una lámina foliácea mucho menor que el verdadero limbo de los sépalos, pero claramente perceptible en todos los casos. Los sépalos persisten siempre, sin acrecerse, acompañando al fruto.

La disposición de la corola constituye uno de los caracteres más constantes del género, y por el que éste se reconoce más fácilmente. Es una corola dialipétala irregular, de las llamadas anómalas, pero comprendiéndose en este grupo formas muy diversas dentro de la condición general de ser corolas dialipétalas irregulares no amariposadas, conveniente será fijar algunas condiciones que precisen más el concepto de las corolas del género *Viola* y que constituyen realmente un tipo especial dentro de las anómalas, al cual debiera designarse con el nombre de violácea o violada, por lo típicamente que se presenta en las especies de este género.

Consta esta corola de un pétalo medio, el que aparecerá situado en la parte inferior del diagrama, y por cuya línea media habría de pasar la única línea posible de división simétrica de ésta. Este pétalo, predominante en esta corola, es el que, prolongándose en su base, origina el espolón, del que hablaremos luego. Existen otros dos pétalos opuestos al pétalo medio o espolonado, y que, por la posición que les corresponde en el digrama, se denominan superiores, los cuales están siempre más aproximados entre sí que los otros tres, formando una pareja que fácilmente se re-

conoce en el conjunto, y otros dos llamados laterales, situados uno a cada lado entre los superiores y el pétalo espolonado. Estos pétalos laterales pueden ser iguales en formas y dimensiones a los superiores *(V. lutea Pyrenaica, adorata, alba*, etc.), o ser algo más estrechos *(V. arenaria, valderia)* o diferir por la mayor longitud de su uña *(Viola cornuta).*

La posición de estos pétalos laterales respecto de los superiores y del pétalo medio, puede variar, pues unas especies tienen los laterales patentes, o sea próximamente equidistantes de los superioes y del mediano *(Viola adorata, hirta, canina, sylvestris, palustris*, etc.), y otras los tienen algo dirigidos hacia arriba, sea visiblemente aproximados a los superiores y aun reunidos con ellos, aumentando la distancia entre ellos y el pétalo medio *(V. tricolor, parvula, cornuta, calcarata*, etc.)

El tamaño de los pétalos es casi siempre doble o triple que el de los sépalos, y aun puede hacerse mayor por el cultivo (variedad *hortensis* de la *Viola tricolor);* sólo en contados casos no exceden a los sépalos en longitud *(Viola parvula* y *V. tricolor*, variedad *arvensis*).

Respecto de la coloración, ésta es generalmente azul violada intensa, alguna vez blanca *(V. alba* y alguna variedad de la *V. adorata)*, no pocas veces de violado pálido *V. palustris arenaria, pinnata, canina,* algunas variedades de la *adorata*, etc.), o amarilla *(V. biflora, Demetria*, algunas formas de la *lutea* y de la *calcarata).* Frecuente es que en varias especies de *violas* los pétalos de coloración violada o azulada tengan la uña amarilla, colores que generalmente no se presentan en las variedades de una misma especie y que aquí se pueden presentar en una misma flor y aun en un mismo pétalo; otras especies, como la *V. calcarata* y la *lutea*, pueden presentar flores azuladas en unos pies de planta y amarillas en otros, y existen también especies que pueden presentar dos coloraciones en la misma flor (*V. parvula* y alguna variedad de la *lutea)* y aun tres, porque parte de las superficies azules aparece enrojecida, como ocurre con las variedades de la especie que, por esta condición, se llama *V. tricolor*, aunque no en todas sus flores aparezcan las tres coloraciones.

El espolón que presenta el pétalo medio es generalmente del mismo color que la corola, pero alguna vez es amarillento aunque la corola sea blanca, azul o violada *(Viola canina y alba).* Generalmente, el extremo de este órgano es ancho y obtuso, por excepción estrecho y aun agudo en la *Viola sylvestris*, *cornuta, Cenisia, calcarata*, y respecto de su longitud comparada con los apéndices de los sépalos puede ser poco más larga que éstos *(V. palustris, biflora, tricolor, arborescens)*, generalmente doble o triple que estos *(V. odorata, pinnata, canina, lutea)*, en varias especies alcanza dimensiones mayores, que pueden compararse

no con la longitud de los apéndices sino con la de la total de sépalos, igualando a éstos *(V. Pyrenaica, calcarata, valderia)* o excediéndolos hasta ser doble o triple que la de estos *(V. Corsica, Cenisia, Cazorlensis)*.

No es el androceo órgano que suministre especiales caracteres propios para la distinción de las especies, sino que por su escasa variabilidad representa uno de caracteres más seguros del género. Sus cinco estambres aparecen casi sentados y con las anteras aplicadas sobre el ovario, al que cubren totalmente, y tan aproximadas, que recuerdan las disposiciones singenésicas; de estas anteras las dos que corresponden a los estambres que alternan con el pétalo medio presentan cada una en la base de su conectivo un apéndice mazudo, oblicuo respecto de la antera, y estos apéndices, paralelos entre sí o casi confluentes, se introducen en la cavidad del espolón; aunque son siempre más cortos que éste, y por tanto no llegan a ocuparle en toda su longitud, pueden ser más largos en unas especies que en otras, y en general su longitud guarda alguna proporción con la del espolón de cada especie.

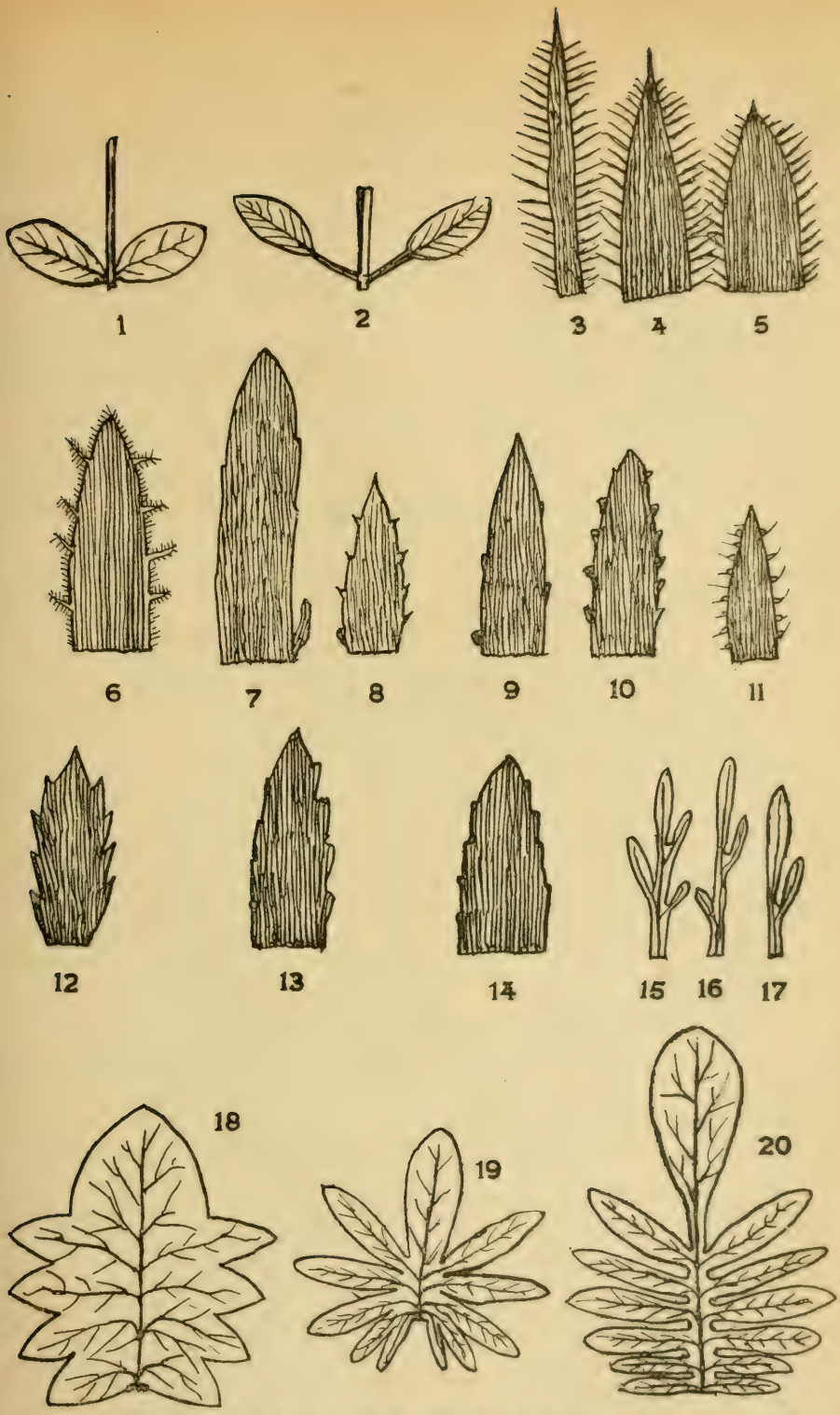
En cuanto al gineceo, su constitución es igualmente homogénea, pues siempre está constituído por tres carpelos abiertos y soldados por sus bordes para formar un ovario unilocular y con tres placentas parietales, en cada una de las cuales se insertan varios óvulos, nunca muchos. Los carpelos, siempre soldados entre sí, no sólo en la porción ovárica, sino también en la estilar y en la estigmática, dan origen a un ovario aparentemente sencillo, pero cuya sección transversal tiende más o menos a ser triangular, con un solo estilo y un estigma, siempre más ancho que el estilo, pero de forma diversa, o, mejor dicho, acomodado a uno de los dos tipos morfológicos siguientes: 1.° Con el estigma sensiblemente engrosado, en forma de cono invertido y con el disco superior deprimido en su centro hasta formar una cavidad más o menos embudada, como en las *Viola tricolor, palustris, biflora, lutea, Pyrenaica, calcarata, cornuta, Cenisia*, etc. 2.° Con el estigma prolongado en un lóbulo aguzado en su ápice y ganchudo orientado en el plano de simetría de la flor o plano medio, como en la *Viola odorata, hirta, canina, arenaria, alba, sylvestris, arborescens*, etc.

El fruto de las *Viola* es siempre una cápsula unilocular, que se abre de arriba a abajo en tres valvas aquilladas, que llevan cada una una placenta con un corto número de semillas en el fondo de la quilla. La razón de esta forma aquillada está en que las valvas no se separan por los bordes de cada uno de los tres carpelos que constituyeron el ovario, como en otros géneros de violáceas ocurre, sino que cada uno de ellos se hiende por su línea media y así cada valva del fruto resulta compuesta de dos medias

valvas, cada una de un carpelo distinto, soldadas por su borde placentario.

En cuanto a la forma de la cápsula antes de su dehiscencia varía poco de unas a otras especies, pues todo se reduce a que sea próximamente tan larga como los sépalos *(Viola lutea, valdería, canina,* etc.) o algo más larga *(Viola sylvestris, mirabilis)*, a que se acuse muy marcadamente la forma trigona de la sección transversal *(V. pinnata, palustris, arborescens, sylvestris)* o que se acuse menos y tienda a ser redondeada *(V. hirta, alba, lactea, biflora,* etc.) a que el ápice de la cápsula sea obtuso *(Viola odorata, biflora, cornuta,* etc.) o sensiblemente apiculado y aun acuminado *(V. arborescens, mirabilis, valdería*, etc.); por último, a que la superficie del fruto sea lampiña *(V. tricolor, biflora, pinnata, palustris, canina, sylvestris,* etc.) o más o menos pubescente o vellosa *(Viola hirta, alba, odorata)*.

Las semillas de todas las especies del género *Viola* son poco numerosas, voluminosas relativamente al tamaño del fruto y en la constitución de su nuececilla contienen un albumen carnoso.



LÁM. I. — Diversas formas de estípulas del género *Viola;* tamaño doble del natural. 1, V. biflora; 2, Cenisia; 3, canina; 4, sylvática; 5, rupestris; 6, collina; 7, elatior (est. media); 8, ídem (est. inferior); 9, subsessilifolia; 10, stagnina (est. media); 11, ídem (est. inferior); 12, lactea; 13, hirta; 14, adorata; 15 a 17, diversas formas de la calcarata; 18, cornuta; 19, lutea; 20, tricolor.

AGRUPACIÓN DE LAS ESPECIES EN SECCIONES

A. Especies acaules o subacaules; flores sobre escapos

SECCION 1.ª *Palustris.*—Estigma acabezuelado o embudado en su ápice.

Especies: Viola palustris.

SECCION 2.ª *Odorata.*—Estigma mazudo y encorvado o ganchudo en su ápice.

Especies: Viola odorata, sepíncola, alba, collina, hirta y Pyrenaica.

B. Especies caulescentes y herbáceas; flores sobre pedúnculos axilares

SECCION 3.ª *Cenisia.*—Estípulas con los bordes enteros.

Especies: Viola biflora, Cenisia y Nevadensis.

SECCION 4.ª *Sylvestris.*—Estípulas con los bordes pestañosos o desflecados.

Especies: Viola canina, sylvestris, puberula, rupestris y Willkommi.

SECCION 5.ª *Cornuta.*—Estípulas con los bordes dentados o hendidos.

Especies: Viola cornuta, lactea, elatior, stagnina y subsessilifolia.

SECCION 6.ª *Tricolor.*—Estípulas partidas en lóbulos diversos; espolón, cuando más, doble largo que los apéndices de los sépalos.

Especies: Viola tricolor, Kitaibeliana, cæspitosa, longifolia, Demetria y parvula.

SECCION 7.ª *Calcarata.*—Estípulas partidas en lóbulos diversos; espolón tres a cinco veces más largo que los apéndices de los sépalos.

Especies: Viola lutea, Bubani y cálcarata.

C. Especies caulescentes más o menos leñosas

SECCION 8.ª *Arborescens.*

Especies: Viola arborescens y Cazorlensis.

SECCIÓN 1.ª—PALUSTRIS

Viola palustris L. Sp. plantarum (1753) pág. 934.

SINONIMIA.

Viola odorata B. var. *tenerrima* Posp, Kustes, I. pág. 548.
— *epipsila* var. *gymnophylla* Khekin Baen, Herb. Enr.
— *Silesiaca* Borb., in Koch. Wohlf. Syn I.
— *inodora* Gilib. Fl. Lithuan. V. pág. 123.

ICONOGRAFÍA.

Œder Fl. Dan., tom. I, lám. 83 (mediana lámina).
Curt. Lond., tom. VII, lám. 46.
Engl. Bot., tom. VII, lám. 444.
Sturm. Flora, tom. III, lám. 11.
Dietrich. Fl. Bor. tom. V, lám. 359.
Bull. Mosc. (1861), lám. 6.
Adbot. Fl. Bedf, lám. 3.
Rechb. Ic. Fl. Germ, tom. III, lám. 2.ª
Sclechtendal. Flora, var. Deutsch, tom. XIII, lám. 1.263.

CARACTERÍSTICA.—Planta acaule, rizocárpica, con la superficie verde desprovista de vellosidad, con el rizoma delgado y escamoso del que nacen ramas subterráneas y blanquecinas. Hojas, todas radicales, largamente pecioladas con el limbo tan ancho o más que largo, redondeado, arriñonado y con festón poco profundo. Estípulas aovado lanceoladas, agudas con las márgenes denticulado espinulosas. Flores medianas, inodoras, sobre pedúnculos erguidos. Sépalos erguidos, ovales y obtusos. Pétalos de color violado pálido; el inferior con venas de violeta intenso en su base, y el espolón obtuso y algo más largo que los apéndices de los estambres. Estigma engrosado y truncado oblicuamente en su extremo. Cápsula casi trigona, lampiña y sostenida por el pedúnculo erguido como en la antesis. Florece de abril a junio.

HABITACIÓN.—Encuéntrase esta especie en las praderas que se encharcan durante parte del año, especialmente en las que en las laderas de las montañas existen con esta condición.

ÁREA.—El tipo está comprobado en todas las regiones botánicas peninsulares excepto en la oriental y sudoriental. La var. epipsila, únicamente se ha comprobado hasta ahora en la septentrional y occidental.

VARIEDADES.

Todas las hojas redondeado arriñonadas..... Var. *genuina* Auct.
Hojas más nuevas acorazonado aovadas..... Var. *epipsila* Led.

Variedad 1 **genuina** Auct.

Localidades.—Región septentrional y zona pirenaica: Santiago de Compostela (Planellas, Lange), Cornes, Selvanegra y Faramella (Planellas-Teijeiro (Taboas) Asturias, sin localidad, (Lagasca, Durieu), Pico de Ar) vas (Lagasca) Cangas de Tineo (Lázaro), Valle de Naviego y Pico de Tozaque (Durieu), Santander (Lange), Cuesta del Escudo de Cabuérniga (Lange), Bielsa (Campo), Benasque (Badas) Nuria (Graells, Basagaña), Puerto de Bonaigua (Timbal Lagrave). Coma de Tech (Vayreda).

Región occidental: Portugal, sin localidad; (Grisley, Salvador). Entre Duero y Miño (Salvador, Beira (Pourret), Oporto Jhonston). Cabeceiras de Basto (Henriques), Miño y Beira Central (Pereira Continho).

Región central: Soncillo (Estébanez, Sierra de Gata (Rivas, Mateos). Sierra de Gredos (Leresche, Rivas Mateos). Puerto del Reventón (Colmeiro), Siete Picos (Lázaro), Cerro de las Aguilas y El Escorial (Lange). El Espinar, Somosierra (Lázaro), Pontón de la Oliva (Cutanda), Sierra de Majarreina (Bourgeau).

Región meridional: Sierra Nevada (Rojas, Clemente, Boissier), Trévelez, Lagunillas, Picacho de Veleta (Rojas Clemente), Gualnon y Corral de Veleta (Colmeiro), Borreguil de San Juan (Bourgeau, Funk).

Variedad 2 **epipsila** Ledeb.

Región septentrional y zona pirenaica. Puerto de Leitariegos (Lázaro). Benasque (Lázaro).

Región occidental: Localidades de gran altitud de la Beira central (Pereira Coutinho).

SECCIÓN 2.ª—ODORATA

Rizoma con renuevos largos cundidores y radicantes...		Hojas no acuminadas...	*V. adorata* L.
		Hojas acuminadas.....	*V. sepincola* Jord.
Rizoma con renuevos cortos no radicantes.....			*V. alba* Bess.
Rizona sin renuevos	Estípulas con las márgenes y los dientes pestañosos.....		*V. collina* Bess.
	Estípulas dentadas sin pestañas.....	Vellosa. Estípulas anchas, con dientes bastante marcados.....	*V. hirta* L.
		Lampiña. Estípulas anchas, con dientes poco marcados, cortos y alesnados.....	*V. Pyrenaica* Ram.

Viola odorata L. Sp. pl. (1753), pág. 934.

SINONIMIA.

Viola sarmentosa M. R., Fl. Taur. cauc. tom. I. pág. 172.
— *spectabilis* Richt., Œst. Bot. pág. 419.
— *Wiedemanni* Bois., Fl. orient., tom. I, pág. 457.
— *Amani* Post. Bull. Herb. Boiss, tom. I, págs. 16 y 41.
— *nigra* Benkœ, Transs, pág. 121.
— *Farvati* Haussku Bull. Soc. Mur. Val., tom. X, pág. 44.
— *tenerrima* Wiesb. Œst. Bot., pág. 192.
— *funesta* Richt. Abth. Zool. Bot. Gess. (1888), pág. 20.
— *Schleideriana* Bogenh. Fl. Jena, pág. 162.
— *dumeturum* Ford. Pug. pág. 16.
— *suavissima* Jord., Pug., pág. 21.
— *propincua* Jord., Pug., pág. 18.
— *floribunda* Jord., Pug., pág. 19.
— *consimilis* Jord., Pug., pág. 18.
— *jucunda* Jord., Pug., pág. 20.
— *lilacina* Rossm., in Rechb. Fl. germ. excurs., pág. 704.
— *Maderensis* Losve, Trans. Cambr. phil. Soc., tom. IV, pág. 36.
— *Dichthiana* Wiesb. Kulturprob. Dupp., pág. 34.

ICONOGRAFÍA.

Œder Fl. Danica, tom. II, lám. 309.
Wood Med., tomo II, lám. 89.

Curt. Lond., tomo I, lám. 3.
Engl. Bot., tomo IX, lám. 619.
Sv. Bot., lám. 8.
Dreves, Bot. Bild., tomo I, lám. 7.
Gleichen Entdeckungen, lám. 74.
Hayne Arzeneignew, tomo III. lám. 2.
Sturm Flora, tomo. III, lám. 11 y tomo XX, lám. 89.
Schrank Flor. Monac., tomo IV, lám. 362.
Gimpel et Sch. Abbildung, lám. 28.
Batsch Analys, lám. 10
Nees Düsseld, lám. 384.
Dietrch. Fl. bor., tomo II, lám. 96.
Berg. Darstellung, II, fig. 16 b.
Wagner Pharm. Med. Bot., lám. 55.
Arle Brandyana Illustr. Hort, 1863. lám. 350.
Plee Types, lám. 8.
Payer Organogenia, lám. 37.
Bot. Zeit (1752), lám. 8.
Rechb. Ic. Fl. Germ., tomo III, láms. 6 y 8.
Schveizer Deukschr., tomo V, lám. 1.
Reichembach Ic. Bot, fig. 4.498.
Schlechtendal Flora von Deutsch., tomo XIII, lám. 1270.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, rizocárpica, acaule, con la superficie verde pubescente, con rizoma grueso que emite renuevos largos, tendidos, radicantes y floríferos. Hojas todas radicales, largamente pecioladas, con el limbo acorazonado, arriñonado en las jóvenes, pero que se acrece considerablemente después de la antesis, adquiriendo entonces una forma anchamente aovado-acorazonada; unas y otras con el borde dentado-festonado. Estípulas de un centímetro de longitud, aovado-lanceoladas, blanquecinas y con pestañas más cortas que la mitad de la longitud de la estípula. Flores solitarias axilares, sostenidas por largos pedúnculos erguidos y lampiños, encorvados en cayado en su ápice y llevando dos bracteítas lanceoladas, insertas, casi opuestas, un poco más arriba de su mitad. Sépalos desiguales, ovales, obtusos, prolongados por bajo de su inserción en apéndices foliáceos cortos, y con el limbo menor que la mitad de los pétalos. Estos, grandes, muy olorosos, desiguales, lanceolado-trasovados, de color violado intenso, a veces de un lila pálido y aun blancos, con espolón violáceo siempre más largo y aun dobles que los apéndices de los sépalos. Ovario aovado, con estilo corto y ondeado y estigma ganchudo. Cápsula aovado-globosa, sostenida por el

pedúnculo, entonces tendido, de color más o menos violáceo al aproximarse la madurez y con la superficie pubescente.

Florece de febrero a mayo.

HABITACIÓN.—En las praderas y bosques húmedos.

ÁREA.—La variedad *genuina* se halla profusamente repartida por todas las regiones, excepto la sudoriental, aunque siendo tan frecuentemente cultivada, acaso no sea espontánea en todas las localidades en que se ha mencionado. La var. *scotophylla* es rara y sólo se ha mencionado en la occidental y parte de la meridional.

VARIEDADES.

Hojas con festones anchamente acorazonadas, con peciolo pubescente; estípulas ovales, anchas y acuminadas..... var. *genuina* Auct.

Hojas más estrechamente acorazonadas, con peciolo pelón; estípulas lineales lanceoladas; flores menores y más pálidas que en el tipo. var. *scotophylla* WK.

Variedad 1 genuina Auct

Localidades.—Región septentrional y zona pirenaica: El Ferrol (López Alonso), San Clemente de César (Colmeiro). Asturias, sin localidad (Pérez Mínguez), Caldas de Oviedo (Salgado), bosque de Muniellos (Lázaro), Santander, sin localidad (Perojo, Salcedo), Reinosa (Gómez Cal maleño), Burgos (Perojo), valle de Toranzo (Ruiz de Salazar), Caldas de Buelna (Argumosa), Pirineos (Lagasca), Panticosa (Cabanes), Benasque (Lange), Arbucias, Garriga y Cerdeña (Cuní).

Región occidental: Oporto (Jhonston), Caldas de Rainha (Seijas Brandao), Sierra de Cintra y Collares (Welwitsch), Sierra de Monchique (Brotero. Figueiredo, Da Veiga), Alange (Villaescusa), de Tras-os-Montes al Algarbe (Pereira Continho).

Región central: Las Furnias, León (Pourret); Torrelobatón (Nipho); Ríoseco (Molina), San Ildefonso (Jiménez, Colmeiro), Soto de Medinilla (Pastor), Balsaín (Expedición Agrícola), Burgos (Nipho, Larruga), Miranda de Ebro (Jiménez), Torrecilla de Cameros (Zubía), Caparroso (Ruiz Casaviella), Uillarluengo (Tarne), Soto de Cogullada (Zaragoza) (Asso, Quer), Tarazona (Jubera), Aranda de Moncayo (Lázaro), Miraflores (Lázaro), Buitrago (Jiménez), Torrelaguna (Quer), Trillo (Quer, Gómez Ortega), Guadarrama, Escorial, San Ildefonso (Lázaro), Molina de Aragón (L. de Anaya), cercanías de Madrid (Palau, Pérez de Escobar y Lázaro), San Fernando y Ribas (Lagasca), Real Casa de Campo (Colmeiro y Pérez Maeso), Alcalá de Henares y Villaviciosa de Odón (Cu-

tanda), El Escorial, Chozas (Isern), Guadalajara (Lázaro), Solán de Cabras (García Fernández), Sierra de Cuenca y Beteta (Torner), Ciudad Encantada (Lázaro).

Región oriental: Gerona y San Feliú de Pallarols (Salvador, Pourret), Barcelona y Caldas de Mombuy (Colmeiro), Plana de Vich (Marferrer), Monserrat (Pourret, Bontelou, Cuní), San Miguel del Fay (Cuní), Mataró (Salvañá), Peñarroya (Pardo Loscos), Peñagalosa (Cavanilles), Valencia Forcall, Vallbona, Ortells, Zorita (F. Gil), Sierra de Engarcerán (Barreda), Titaguas (Rojas Clemente).

Región meridional: La Aliseda (Ayuda), Despeñaperros (Lázaro), Granada (Rojas Clemente, Willkomm), Durcal, Cobdar, Caniles de Ronda (Rojas Clemente), Lanjarón (Rojas Clemente, Medina), Antequera (Nipho), Málaga (García de la Leña), Coín (Rojas Clemente, Haenseler).

Variedad 2 **scotophylla** Willkomm

SINONIMIA.

Viola scotophylla Jord.

Localidades.—Región occidental: Oporto (Pereira Coutinho).

Región meridional: Valdehuertas, en Sierra Morena (Lange).

Viola sepincola Jord. Obrew. VII (1849), pág. 8.

SINONIMIA.

Viola cochleata Coincy. Ecloga II, plant. Hisp. pág. 9 (junio de 1894).

— *Reverchoni* Willk. in lit. (diciembre de 1894).

— *perennis* Miegeo, Bull. soc. bot. Fr XII, pág. 341.

— *Torresi* Marcet. Bulleti. Inst. Catal. Hist. Nat. (1907), pág. 75.

— *Segobricensis* Pau, Not. Bot. II, pág. 9.

— *Tolosana* Timbal.

— *odorata* L. subesp. *Beraudii* Rouy et Fouc.

ICONOGRAFÍA.

Coincy.—Ecloga II (1898), lám. 2.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, acaule, rizocárpica, con rizoma oblicuo y largo, del que brotan renuevos cundidores hasta de quince centímetros de largo y un tallo aéreo que, como las hojas, tiene la superficie pubescente. Tallo aéreo de longitud variable, pero siempre muy corto y aun casi nulo. Hojas todas radicales, con los peciolos tan largos o poco más que los limbos y éstos de dos a cuatro centímetros por uno y medio

a dos de anchura, aovado-acorazonadas, casi agudos en su ápice, muy nerviados y con los bordes débilmente festonados. Estípulas pequeñas, indivisas, blanquecinas, lanceolado-agudas y estrechas, con pestañitas cortas en sus bordes y nervio medio. Flores muy olorosas, de tamaño mediano y aun pequeño, sostenidas por pedúnculos lampiños, próximamente de doble longitud que la hoja en cuya axila nacen, con dos bracteítas opuestas hacia su mitad o mucho más abajo, las cuales son lanceoladas y largamente acuminadas. Sépalos obtusos, mitad menores que los pétalos y con los apéndices basilares cortos y truncados. Pétalos trasovados, obtusos, con el limbo violado de matiz claro, y la uña blanca, venada en su parte superior y pestañosa en los dos pétalos laterales medios; espolón violáceo, pero más largo que los apéndices del cáliz, comprimido y con un pliegue muy marcado en la parte superior de su base o boca. Estigma aguzado y ganchudo en su ápice. Cápsula aovada globosa, no apiculada, trigona en su sección y pubescente en su superficie.

Florece en primavera.

HABITACIÓN.—Encuéntrase en los sitios sombríos y algo húmedos de suelo arcilloso.

ÁREA.—Es bastante restringida, y por los datos hasta hoy recogidos puede circunscribirse a la zona pirenaica y algunas localidades montañosas del Norte y del centro.

LOCALIDADES.—Zona pirenaica: Castanesa (Timbal Lagrave).

Región central: Alcaraz (Coincy), Albarracín (Reverchon).

Región oriental: Monserrat (Arbort).

Observación.—La *Viola Tolosàna* Jord., mencionada por Timbal Lagrave en Benasque, e incluída por Colmeiro en su *Revisión y Enumeración* (tomo I, pág. 347) no se ha admitido, y esta localidad debe atribuirse a la *V. sepincola* Jord.

Viola alba Bess, Primit. Fl. Galic. (1839), páp. 17.

SINONIMIA.

Viola albiflora Kirschl. Not. Viol. Rg., pég. 6.
— *scotophylla* Jord. Pug. plant. mod. pág. 16.
— *virescens* Jord. in Ber. Fl. Çentr France. III, pág. 77.
— *nigricans* Sclaer. Œst, Bot, pág. 293.
— *Besseri* Rupr. Fl. Cauc. I. pag. 151.
— *microceras* Schur. Enum. pág. 80.
— *decipiens* Pers. et Song. secundun pl. anctorum.

Viola præcox Furs. Transsilv., pág. 81.
— *Tessala* Boiss. et Spreng. Diagn. Ser. pág. 51.
— *Armena* Boiss. et Huet. Diagn. Ser. pág. 48.
— *leucantha* Babey. Fl. Jurass. I, pág. 84.
— *stenophylla* Jord.
— *Capdevallí* Pau.

ICONOGRAFÍA.

Sturm Flora XX, lám. 89.
Reichb. Icones crit. lám. 4.496.
Schlechtendal Flora von Deutsch. tomo XIII, lám. 1.271.

CARACTERÍSTICA.—Planta rizocárpica, acaule, con la superficie de los órganos aéreos pelosa y el rizoma delgado, del que nacen renuevos tendidos ascendentes, no radicantes y floríferos. Hojas todas radicales, largamente pecioladas, con el limbo aovado-oblongo, obtuso en su ápice, de color verde claro, festoneado y pubescente, que se acrecen después de la antesis. Estípulas lanceolado lineales, con pestañas tan largas como su anchura. Flores bastante grandes, con olor agradable, sobre pedúnculos con dos bracteíllas. Sépalos oblongos y obtusos. Pétalos blancos, con el espolón amarillento. Estigma aguzado y ganchudo. Cápsula casi globosa, pelosa, de color verdoso y sostenida por el pedúnculo entonces tendido.

Florece de febrero a abril.

HABITACIÓN.—Hállase en los bosques y en las laderas y declives de los terrenos.

ÁREA.—Parece limitarse a las regiones septentrional, occidental y localidades montuosas de la oriental.

LOCALIDADES.—Región septentrional: Çerezal, Becerra, Nogales, Cervantes (P. Merino), Hoz de Bárcena (Lázaro). Bielsa (Campo).

Región occidental: Portugal, sin localidad (Grisley), de Tras-os-Montes al Algarbe (Pereira Coutinho).

Región oriental: Grasolet (Compagni), Amer, Susqueda, Osor (Vayreda), Vich (Masferrer), Valencia (Esteve).

Viola collina Besser, Cat. Hort. Crem. (1816), pág. 151.

SINONIMIA.

Viola fraterna Hegetschw. Fl. Schweiz, pág. 241.
— *hirta* L. var. *Alpina*, Gaud, Fl. Helvet. tomo II, pág. 197
— *hirta* L. var. *umbrosa*, Neilr. Fl. N. Œ., pág. 770.

Viola hirta L. var. *collina*, Kittel Tschb. Fl. Deutsch. tomo II, pág. 935.
— *centronum* Perr. Exic. ined.

ICONOGRAFÍA.

Sturm Flora, tomo XX, lám. 89.
Rechb. Ic. Fl. Germ., tomo III, lám. 0 (mediana).
Rechb. Ic. pl. crit., tomo I, lám. 44 (mala lámina).
Schlechtendal Fl. von Deutsch., tomo XIII, lám. 1.267.

CARACTERÍSTICA. — Planta herbácea, acaule, con rizoma grueso casi vertical, muy pequeño, sin renuevos, con la superficie de sus órganos aereos verde y pubescente. Hojas pequeñas, con peciolo próximamente tan largo como el limbo, y éste oval, apenas acorazonado en su base, de un centímetro de longitud y algo menos de anchura. Estípulas lanceoladas, estrechas, con las márgenes frangeado-denticuladas, pestañosas en los bordes. Pedúnculos florales de unos tres centímetros de longitud y naciendo del rizoma, y flores pequeñas e inodoras. Sépalos bastante más cortos que los pétalos, lanceolados y obtusos en su ápice. Pétalos aovados espatulados, redondeados y obtusos en su ápice, de color azul violado no muy intenso; los laterales con algunas pestañas en su uña; los superiores casi imberbes, y el inferior con espolón casi doble largo que los apéndices de los sépalos. Estigma ensanchado en su porción superior y ganchudo. Cápsula casi globosa, igualando en longitud a los sépalos, y pubescente en su superficie.

Florece en abril y mayo.

HABITACIÓN.—Encuéntrase en los lugares pedregosos y húmedos de las zonas montana y subalpina.

ÁREA.—Rara, en algunas localidades de las regiones oriental, meridional y sudoriental.

LOCALIDADES.—Región oriental: Alcira (Porta y Rigo).
Región meridional: Sierra de Alfacar, cercanías de Granada (Lange).
Región sudoriental: El Mongó, Denia (Lázaro).

Viola hirta L. sp. plant. (1753), pág. 934.

SINONIMIA.

Viola hirsuta R. S., Systema Veg., tom. V, pág. 361,
— *Foudrasi* Jord. Observat. VII, pág. 4.
— *propera* Jord. Observat. pág. 3.

Viola calcarea With., en Dorfler Catal, pág. 228.
— *Holubyi* Schur. Phythop., pág. 107.
— *Tridentina* W. Bckr. Œst. Bot. núm. 12.
— *variegata* Bogenh. Fl. Jena, pág. 160.
— *umbrosa* Hoppe. Fl. XIII (1830), pág. 521.
— *paradoxa* C. Richter, Abh. Zool. Bot. Sas. (1888), pág. 220.
— *parvula* Opiz. Bohem. Gew. (1823), pág. 32.
— *Gloggnitzensis* C. Richter, Abh. Zool. Bot. Gess. (1887), pág. 197.
— *collina* var. *umbrícola* Beck. Fl. Nœst. pág.511.

ICONOGRAFÍA.

Curt. Lond., tom. III, lám. 95.
Œder Fl. Dan., tom. IV, lám. 618.
Engl. Bot. tom. XIII, lám. 894.
Hayne Getr. Darst. III, lám. 1.
Sturm Flora, III, lám. 11, y XX, lám. 89.
Sv. Bot., lám. 343.
Dietr. Fl. Bor. V. 358.
Schrank. Fl. Monac. I, lám. 45.
Mutel Fl. Franç., lám. 7.
Rechb. Ic. Fl. Germ., tom. III, lám. 3 a 6.
Bull. Moscú (1861), lám. 6.
Rechb. Ic. Plant. crít., tom. I, lám. fig. 95.
Schlechtendal Fl. von Deutsch, tom. III, lám. 1.266 (mediana lámina).

CARACTERÍSTICA.—Planta acaule, con la superficie verde velloso-erizada y el rizoma grueso y duro, sin renuevos. Hojas todas radicales, medianamente pecioladas, con el limbo grande aovado acorazonado, casi agudo, más velloso por el envés que por el haz, y festonadas en el margen. Estípulas anchas lanceoladas, con dientes bastantes marcados, pero más cortas que la anchura, y sin pestañas. Flores bastante grandes, inodoras sobre pedúnculos erguidos, erizados y bracteolados. Sépalos ovales, obtusos. Pétalos de color violeta intenso, con el espolón más largo que los apéndices de los estambres. Estigma aguzado y ganchudo. Cápsula casi globosa, con la superficie vellosa y sostenida por el pedúnculo que continúa estando erguido como en la antesis.

Florece de marzo a mayo.

HABITACIÓN.—Encuéntrase esta especie en las praderas, en los bosques y en los declives de los terrenos montuosos.

ÁREA.—El tipo genuino se encuentra difundido por todas las regiones

peninsulares, siendo más frecuente en el N. NE. y centro. La var. *hirsuta* sólo se ha hallado hasta hoy en algunos puntos de la occidental, central y oriental.

VARIEDADES.

Peciolos con pelos revueltos; pedúnculos flácidos del largo de las hojas próximamente; flores medianas..... var. *genuina* Auct.

Peciolos con pelos patentes; pedúnculos más largos que las hojas; flores grandes..... var. *hirsuta* Schott.

Variedad 1 **genuina** Auct

Región septentrional y zona pirenaica: Cesures (Lázaro), Venta de Puga (Asturias) y Olloniego (Pérez Mínguez), Covadonga (Lázaro), Bosque de Tramalón (Lázaro), Santander (Salcedo, Lange), Vascongadas (Eguía), Bilbao (Lange, Lázaro), Guetaria (Lázaro), Vertizarana (Lacoízqueta), Bielsa (Campo), Benasque (Lázaro).

Región occidental: Sierra de Gerez (Brotero).

Región central: Ferradillo (León) (Pourret), Encinillas (Lange), Bajo Aragón (Loscos), Serranía de Cuenca (Lázaro).

Región oriental: Olot, Puigsacau, Amer (Vayreda, Bolos), Plana de Vich (Masferrer), Peñarroya, Castelserás (Loscos), Morella (Pardo, Loscos), Alcira (Porta y Rigo).

Región meridional: Sierra Nevada, en El Pulche (Boissier).

Región sudoriental: Sierra de Jarana (Boissier), Sierra de Gador (Willkomm).

Variedad 2 **hirsuta** Schult

Zona pirenaica: Bielsa (Campo), Benasque (Lázaro), Amer, Olot, Puigsacau, Lacat (Vayreda).

En la región central: Valle de Plasencia (Rivas Mateos).

Viola Pyrenaica *Ramd* DC. Fl. Franz, tom. IV (1809), pág. 803.

SINONIMIA.

Viola glabrata Sal. Marchsl. in Flora, pág. 180.

— *sciaphila*. Koch. Syn. Ed. II, pág. 90.

Viola umbrosa Sauter, Flora, pág. 293, non Fries, nec Hoppe.
— *chelmea* Hal. Beitr. Fl. Epirus.
— *hirta* L. var. *umbrosa* Keittel. Tschb. Fl. deutsch, tom. II, pág. 935.

ICONOGRAFÍA.

Sturm Flora, XX, lám. 89.
Rechb. Ic. Fl. Germ., tom. III, lám. 3.
Rechb. Deutsch. Flora, fig. 4.492, b.
Schlechtendal Flora von Deutsch, tom. XIII, lám. 1.269.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, rizocárpica, con la superficie velloso erizada, rara vez casi lampiña, con rizoma y tallos aéreos delgados y ascendentes, de tres a seis centímetros. Hojas con el limbo pequeño, acorazonado-redondeado, algo mayor en las superiores, lampiñas o subpubescentes unas y otras con los bordes festonados. Estípulas lanceoladas, estrechas, con alguno que otro diente muy pequeño, espaciado en sus bordes y sin lacinias ni pestañas. Flores de tamaño mediano, largamente pedunculadas, de la longitud de las hojas próximamente y naciendo en las axilas de éstas. Sépalos mitad menores que los pétalos, lanceolados, agudos en su ápice, con los apéndices basilares lampiños. Pétalos de color violado intenso, pálido o blanquecino en su base, y el espolón ancho y obtuso en forma de saco, poco más largo que los apéndices de los sépalos. Ovario esferóideo y estigma ganchudo en su ápice. La cápsula es oblonga y no apiculada.

Florece de junio a septiembre.

HABITACIÓN.—En las praderas y bosques de montañas de alguna elevación.

ÁREA.—Especie circunscrita a la zona pirenaica.

LOCALIDADES.—En la zona pirenaica: Bielsa (Campo), Benasque (Lázaro), Nuria (Salvador, Pourret, Graells), Puigcerdá (Lázaro).

OBSERVACIONES.—Con el nombre de *Viola Segobricensis* Pau se ha indicado una especie de esta sección, a la que los autores modernos consideran como un híbrido: (*Viola virescens X odorata*, Willkom, Supl., pág. 288); pero, en opinión de Wilhelm Becker, en su monografía *Violæ Europae,* pág. 11), de considerarse como sinónima de la *V. sepincola* Jord. En todo caso no debe considerarse como una especie distinta e independiente.

En esta misma sección figuraría la pretendida *Viola Pardoi* W. Bekr. considerada hoy como un híbrido. *Valba* × *odorata*.

Colmeiro, en su Revisión y enumeración, tom. I, pág. 341, menciona la

V. uliginosa Schrad, que correspondería también a esta misma sección, como indicada en Sierra Estrella por Welwitsch, pero los botánicos portugueses actuales no hacen mención de esta especie, cuya área reconocida dista mucho de acercarse a nuestra península.

SECCIÓN 3.ª—CENISIA

Pétalos amarillos		*V. biflora* L.
Pétalos no amarillos	Sépalos con los bordes no membranosos	*V. Cenisia* L.
	Sépalos con los bordes membranosos	*V. Nevadensis* Boiss.

Viola biflora L.

ICONOGRAFÍA.

Œder Fl. Danica, tom. I, lám. 46.
Botanical Magazine, tom. XLVI, lám. 2.089.
Sv. Bot., lám. 753.
Rechb. Ic. Fl. Germ., tom. III, lám. 18.
Schlechtendal Flora von Deutsch; tom. XIII, lám. 1.283.

CARACTERÍSTICA. — Planta herbácea, rizocárpica y caulescente, con rizoma rastrero y la superficie verde casi totalmente lampiña. Tallos de medio a un decímetro, débiles y con pocas hojas. Estas tienen el limbo arriñonado y obtuso con el borde festonado, algo pestañosas, con el peciolo largo en las inferiores y tan largo como el limbo o algo menos en las superiores. Estípulas pequeñas, ovales y enteras. Flores generalmente en número de dos en cada tallo, pequeñas, amarillas, sobre pedúnculos más largos que las hojas. Sépalos lanceolados y agudos en su ápice, mitad menores que los pétalos. Estos amarillos con líneas pardas, los dos medianos aproximados a los superiores y erguidos, y el inferior separado de todos y colgante; espolón apenas más largo que los apéndices estaminales. Estilo ondeado en su base y ensanchado en su ápice en un disco horizontal partido en dos lóbulos. Cápsula oval, obtusa en su ápice y lampiña en su superficie.

Florece en verano.

HABITACIÓN.—Esta especie se halla generalmente entre los musgos en las zonas alpinas.

ÁREA.—La variedad más frecuente, la *grandifolia*, parece no hallarse

fuera de ambos Pirineos y de alguna de las montañas más próximas de la región oriental. La *parvifolia* en algunas localidades del Pirineo y en Sierra Nevada, y la *uniflora* solamente ha sido mencionada en algunas localidades portuguesas.

VARIEDADES.

Pedúnculos con dos flores; peciolos de cuatro a ocho centímetros; limbos de dos y medio a cuatro centímetros de anchura.

Var. *grandifolia* Láz.

Pedúnculos con dos flores; peciolos de uno y medio a tres centímetros; limbos que no exceden de dos centímetros de anchura.

Var. *parvifolia* Láz.

Pedúnculos con una sola flor..... Var. *uniflora* Auct.

Variedad 1 **grandifolia** Láz.

Región septentrional y zona pirenaica: Leitariegos (Lázaro), Aliva, Picos de Europa (Leresche, Levier), Puerto de Izas (Asso, Willkomm), Benasque y Castanesa (Villiers), Valle de Pineda (Ramond), Renclusa (Zettersted), Puerto de Benasque (Zetterstelt, Timbal-Lagrave, Lázaro), Bielsa (Campo), Valle de Arán (Villiers), Nuria (Salvador, Pourret), Olot (Bolós, Costa), Set Casas (Isern), Berga (Grau), Coll de Lilla (Moulín), Costabona (Vayreda), Pirineo Catalán (Rivas Mateos).

En la región oriental: Monseny (Rivas Mateos).

Variedad 2 **parvifolia** Láz.

Zona pirenaica: Bielsa (Campo), Benasque (Lázaro), Perafau, Setcasas Comabella, La Molina (Vayreda), Berga (Grau), Rivas y Puigcerdá (Lázaro), Nuria (Rivas Mateos).

En la región meridional: Sierra Nevada (Webb).

Variedad 3 **uniflora** Auct

Región occidental: Caldas de Rainha (Seijas Brandao), Coimbra (Baptista).

Viola Cenisia L. Sp. plant. Edición II (1763), pág. 1.325.

ICONOGRAFÍA.

Allioni Fl. Podem, tom. III, lám. 22.

Rechb. Ic. Fl. Germ., tom. III, lám. 19.

Schlechtendal Tom. XIII, lám. 1.289.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, rizocárpica, caulescente con rizoma muy ramificado y la superficie verde algo erizada. Tallos de cinco a quince centímetros, filiformes y difusos, desprovistos de hojas en su base. Hojas pequeñas y diformes; las inferiores con el limbo ancho y casi redondo, truncado, pero no acorazonado en su base; las superiores con el limbo oval o elíptico y sensiblemente mayores que las inferiores; todas o casi todas, enteras o con algún festón apenas marcado. Estípulas foliáceas y generalmente enteras, las inferiores lanceoladas y las superiores más largas y espatuladas. Flores bastante grandes con pedúnculos relativamente cortos. Sépalos ovales lanceolados. Pétalos doble largos, de color violáceo, con el espolón delgado, algo arqueado, conoideo y tan largo como los sépalos. Estigma ensanchado en embudo en su terminación. Cápsula apiculada y un poco más larga que el cáliz.

Florece en verano.

HABITACIÓN.—Sólo se encuentra en suelos poco profundos y pedregosos de algunos puertos y collados de las altas montañas.

ÁREA.—Esta especie se halla circunscrita a un corto número de localidades altas de ambos Pirineos.

LOCALIDADES.—En la zona pirenaica: Montes de Aliva (Leresche) y Levier, Bielsa (Campo), Benasque y Maladeta (Lázaro), Nuria y Puigma (Costa, Bolós, Puiggari), Costabona (Vayreda), Castanesa (Pujol).

NOTA.—La indicación poco precisa que consigna Amo, atribuyendo a Cavanilles la existencia de esta especie en «algunos montes» del territorio valenciano, no ha sido confirmada por ninguno de los botánicos posteriores, y nos parece más que dudosa.

Viola Nevadensis Boiss.

ICONOGRAFÍA.

Boissier. Voy. bot. dans le Midi de l'Espagne, tomo I. lám. 18.

CARACTERÍSTICA. — Planta herbácea, rizocárpica, caulescente, con rizoma alargado y con raicillas numerosas, del que nacen tallos aéreos ascendentes o casi erguidos, delgados, ramosos, hasta de un decímetro de longitud, radicantes y desprovisto de hojas en su base. Hojas con peciolo casi tan largo como el limbo, y éste aovado y con los bordes ente-

ros. Estípulas foliáceas, enteras y de forma semejante a las hojas; pero mucho menores y más angostas. Flores pequeñas, largamente pecioladas. Sépalos lanceolados, estrechos y agudos y con las márgenes membranosas. Pétalos azulados, morados, rojizos o blanquecinos, los superiores más intensamente coloreados, y el inferior algo escotado en su ápice y con la base manchada de anaranjado; todos con estrías pardo obscuras; espolón poco más largo que los apéndices de los sépalos. Estigma embudado-acabezuelado, con dos banditas pelosas a los lados de la abertura. Cápsula aovadocónica, próximamente igual al cáliz.

Florece en verano.

HABITACIÓN.—En los suelos pizarrosos de las zonas nivales.

ÁREA.—Circunscrita a la Sierra Nevada propiamente dicha.

LOCALIDADES.—Todas ellas corresponden a Sierra Nevada, donde la citan Webb y Thalack, y más concretamente en Picacho de Veleta (Bory Rojas Clemente), Corral de Veleta, Bacares y Laguna larga (Rojas Clemente), Mulhacen (Sarmiento), Pico de Veleta (Dorronsoro y Taboada).

OBSERVACIÓN.—Nuestros antiguos botánicos, entre ellos el ilustre Lagasca, conocieron ya esta planta, aunque guiados por la semejanza de porte, la consideraron como *V. Cenisia* L.

Para distinguir de un modo seguro ambas especies basta fijarse en la longitud del espolón del pétalo inferior, mucho más largo que los apéndices de los sépalos, y casi tanto como los pétalos en la *Cenisia*, y apenas más largo que los apéndices de los sépalos en la especie de Sierra Nevada. Los pedúnculos florales, proporcionalmente mucho más largos en esta última y las estípulas, aunque foliáceas en ambas, son elipsoideas en la *V. Cenisia*, y muy angosta y casi lineales en la *Viola Nevadensis*.

SECCIÓN 4.ª — SYLVESTRIS

Tallos floríferos naciendo directamente del rizoma..			*V. canina* L.
Tallos floríferos naciendo en las axilas de las hojas de una roseta estéril...	Estípulas casi lineales.	Hojas y tallos casi lampiños; flores largamente pedunculadas	*V. sylvestris* Lam.
		Hojas y tallos cano pubescentes; flores cortamente pedunculadas	*V. puberula* Lange.
	Estípulas anchas.	Hojas todas pequeñas y obtusas.....	*V. rupestris* Schmidt.
		Hojas superiores mayores y acuminadas.....	*V. Willkommi* Roem.

Viola canina L. sp. plant. (1753), pág. 934.

SINONIMIA.

Viola litoralis R. et L., system. V, pág. 370.
— *canina* L. var. *collina,* Wallr. Sched. crit. pág. 98.
— *pumila* Chais. var. *littoralis,* Dc. Prodr. tomo I, pág. 299.
— *lancifolia* Wallr. non Thore, Sched. crit. pág. 99.
— *flavicornis* Smith. Engl. Fl. tomo I, pág. 304.
— *pumila* Fries. Nov. Mant. III, pág. 72.
— *procumbens* Gilib. Fl. lithuan. V, pág. 123.

ICONOGRAFÍA.

Sturm Flora, III, lám. 11.
Engl. Bot., tomo IX, lám. 620.
Engl. Bot. Suplem., láms. 2.736 y 2.984.
Hayne Arzeneigew., tomo III, lám. 3.
Curt. London, tomo III, lám. 30.
Svensk. Bot., lám. 290.
Kirschl. Not., lám. 2, fig. 9.
Œder Fl. Dan., tomo IX, lám. 1.453.
Schrank Fl. Monac., tomo II, lám. 176.
Mutel Fl. Fran., lám. 7.
Rechb. Ic. fl. Germ., tomo III, láms. 10 y 11, pág. 152 y 153.
Rechb. Ic. crit. tomo I, láms. 74 y 75 y tomo VII, lám. 601.
Baxter Boit. Bot. I, lám. 4.
Schlechtendal Flora von Deutsch., tomo XIII, lám. 1.276.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, rizocárpica, caulescente, con la superficie verde lampiña o pubescente. Tallos aéreos herbáceos, de cuatro decímetros, erguidos o ascendentes, insertos sobre el rizoma. Hojas ovales u oblongas, más o menos acorazonadas en la base, festoneadas en sus bordes y con el ápice generalmente obtuso. Estípulas oblongo-lanceoladas, generalmente estrechas, más cortas o apenas más largas que el peciolo y con el borde laciniado y pestañoso. Flores inodoras, sobre pedúnculos bracteolados, tan largos o más que las hojas. Sépalos lanceolados agudos. Pétalos de un azul ceniciento o violado pálido, con el espolón algo más largo que los apéndices estaminales y frecuentemente amarillento. Estigma aguzado y ganchudo. Cápsulas ovoidea, aguda en su ápice y lampiña, sobre pedúnculos erguidos como en la antesis.

Florece de marzo a junio.

HABITACIÓN.—Hállase comúnmente en los matorrales de terrenos

incultos, eriales y collados, especialmente en los de suelo más o menos arenoso.

ÁREA.—El tipo genuino se halla distribuído por todas las regiones peninsulares, excepto la sudoriental; la var. *montana* por el N. O. y centro; la var. *lucorum*, por las regiones occidental y central; la *minor*, por algunos puntos del N. y centro, y la *integella*, en alguna localidad del oriental.

VARIEDADES.

Tallo de 10 a 12 centímetros; limbo de las hojas en la antesis de unos 18 × 29 milímetros, con las estípulas más cortas que el peciolo y provistas de lacinias en ambas márgenes..... var. *genuina* Auct.

Algo mayor en todas sus dimensiones; estípulas con el borde externo denticulado..... var. *montana* Harr.

Hojas ovales y estrechas; espolón blanquecino-verdoso. var. *lucorum* Rechb.

Tallo muy corto; hojas con el limbo más ancho que en el tipo; estípulas casi tan largas como el peciolo: espolón amarillento.. var. *minor* Lge.

Hojas arriñonadas y estípulas enteras..... var. *integella* Pau.

Variedad 1 **genuina** Auct.

En la región septentrional y zona pirenaica: Santiago de Compostela (Colmeiro, Lange), Lugo (Lange), El Ferrol, Jubía, Betanzos y Coruña (López Seoane), San Pedro de Oza (Lázaro), Tuy (Rodríguez Bustillo), Arvas (Lagasca), Cangas de Tineo y Valle de Naviego (Durieu), Oviedo (Pérez Mínguez y Bourgeau). Caldas de Oviedo (Salgado), Rivadesella, Covadonga, Mieres (Lázaro), Reinosa (Gómez Camaleño), Torrelavega, bosque de Tramalón, San Vicente de la Barquera (Lázaro), Bilbao (Willkomm y Lange), Guecho, Guetaria, Fuenterrabía (Lázaro), Encartaciones, monte de la Haya (Willkomm), Vertizarana (Lacoizqueta), Pirineos, Peña de Oroel, puerto de Canfrac (Willkomm), Graus (Lázaro), Pirineo catalán (Isern), Camprodón (Basagaña), Ribas, Caralps (Vayreda), Tredos (Timbal Lagrave).

Región occidental: Villagarcía (Lázaro), Valença (Texidor), Oporto (Jonston), Coimbra (Baptista), Cintra (Welwitsch). Beira central y meridional (Pereira Continho), Sierra de Arrábida (Welwetsch), Monchique (Welwitsch, Da Veiga).

Región central: San Pedro de los Montes (Pourret), Espinosa de los

Monteros (Salcedo), Moncayo (Asso, Quer), Monte de Herrera, Sierra de Villarroya (Asso), Aranda de Moncayo (Lázaro), Villarluengo (Xarne), Tarazona (Jubera), Pamplona (F. de Salas, P. Gil), Teruel (Expedición Agronómica), Béjar (Téllez), Balsaín (Expedición Agronómica, Lázaro), El Espinar (Lázaro), Miraflores (Quer, Palau), El Paular (Nee, Cavanilles), Puerto del Pico (Cavanillas), El Escorial (Rodríguez, Cutanda), Somosierra (Cutanda, Lázaro), cercanías de Madrid (Palau, Pérez de Escobar, Cutanda, Del Amo).

Región oriental: San Jerónimo del Valle de Hebrón (Salvador. Pourret), monte de Cabrera (Tremols), Olot, El Vallés (Texidor), San Medir (Compagni), Plana de Vich (Masferrer), Monserrat (Pourret, Boutelou, Colmeiro), Caldas de Monbuy (Çolmeiro), Tarragona (Webb), Peñarroya (Loscos, Pardo), Titaguas Rojas Clemente), Ayodar, Peñagolosa (Vilanova).

Región meridional: Sierra Nevada, Puerto de la Ragua (Rojas Clemente), El Pulche, orillas del Monacil y de Granada a San Jerónimo (Boissier).

Variedad 2 **montana** Horn

SINONIMIA.

Viola montana L.

— *canina* L. var. *macrantha* Gr. Godr.

Localidades Región septentrional y zona pirenaica: El Ferrol (López Alonso), Arvas (Lagasca), Cabuérniga (Salcedo), Alceda (Pérez Maeso).

Región occidental: Caldas de Rainha (Seijas Brandao), Beira central y meridional (Pereira Coutinho).

Región central: Aranda de Moncayo (Lázaro), Montes de Burgos (Palau), Moncayo (Asso, Quer), Villarluengo (Xarne), Zaragoza (?) (Echeandía), Alcarria (Palau), Xerte (Bourgeau).

Variedad 3 **lucorum** Rechb.

SINONIMIA.

Viola lucorum Rechb.

ICONOGRAFÍA.

Rechb. Ic. Fl. Germ., fig. 4.504, d.

LOCALIDADES.—Región occidental: Beira trasmontana (Pereira Coutinho), Leço (Lázaro).

Región central: Monte de Horcajo (Cutanda), Provincia de Cáceres (Rivas Mateos).

Variedad 4 **minor** Lange

SINONIMIA.

Viola flavicornis Sen.

— *canina* L. var. *sabulosa* Rehb.

Región septentrional y zona pirenaica: Guetaria (Lázaro), Bielsa (Campo).

Región central: Somosierra (Lázaro).

Variedad 5 **integella** Pau

Región oriental: Puebla de Arenoso, Mijares y Sierra de Pina (Pau).

Viola sylvestris (Lam.) *Rechb.* Pl. crit. Cent. I, pág. 80 (1823).

SINONIMIA.

Viola canina L. var. *sylvestris* Fr. Nov. Fl. Suec. Ed. II., pág. 272.

— *canina* L., var. *minor* DC. Prodr., tom. I, pág. 298.

— *sylvatica* Fries, Mant., tom. III, pág. 121.

— *Reichembachiana* Jord. in Boreau, Fl. centr. ed., III, pág. 98.

— *canina* DC. non L.

— *Calabra* Huet de Pav. Pl. Neap. Exric., núm. 272.

— *Wietsteinii* Richter Verh. Zool., Bot. Gess., tom. XXXVII, (1887), pág. 197.

— *canina* L. var. *Podolica* Bess. cat. Cremm, saph, IV, pág. 25.

— *Bertoli* Souché, Bull. Soc. Rodc., tom. XIV, pág. 9.

— *maculata* Giraud, Herb. Char., inf.

— *sylvestris* Lam., var. *Pseudoriviniana* W. Bckr, Viol. exic. I, núm. 15.

ICONOGRAFÍA.

Sturn Flora, tom. III, lám. 11, con el nombre erróneo de *V. canina*.

Mutel Fl. Franç., lám. 8.

Rechb. Ic. Fl. Germ., tom. III, lám. 12.
Rechb. Ic. pl. crit., tom. I. lám. 94, y tom. VII, lám. 60.
Engl. Bot. Supplem., lám. 2986.
Schlechtendal Flora von Deutsch, tom. XIII, lám. 1.274.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea rizocárpica, con la superficie verde casi lampiña, con tallos aéreos de uno a tres decímetros, naciendo de una roseta de hojas radicales. Esta tiene el limbo aovado-acorazonado, pero no acuminado como las superiores; todas pecioladas y con el margen festonado. Estípulas no divididas, estrechas casi lineales, con las márgenes frangeadas. Flores largamente pedunculadas, inodoras. Sépalos lanceolados, agudos. Pétalos de color violado pálido o liláceo, espolón estrecho y dos o tres veces más largo que los apéndice de los estambres. Estigma aguzado y ganchudo. Cápsula lampiña, aovado aguzada en su contorno y marcadamente trigona en su sección.

Florece de marzo a mayo.

HABITACIÓN.—Se encuentra esta especie con bastante frecuencia en los bosques.

ÁREA.—El tipo genuino se halla en todas las regiones botánicas de la Península excepto en la sudoriental; la var. *micrantha*, en las regiones septentrional, occidental y parte próxima de la central; la *rostrata* parece exclusiva de la occidental, y la *pygmœa* de los Pirineos y cordilleras de la región central.

VARIEDADES.

Tallos de más de un decímetro...	Flores grandes y espolón blanquecino.....	Var. *genuina* Auct.
	Flores pequeñas y espolón violáceo.....	Var. *micrantha* Döll.
	Flores grandes; espolón azulado, picudo y semicurvo.....	Var. *rostrata* P. Cout.
Planta muy pequeña y casi acaule; hojas y flores pequeñas.....		Var. *pygmea* W. K.

Variedad 1 **genuina** Auct.

SINONIMIA.

Viola sylvatica Fr., var. *grandiflora*, Gr. Godr.
— *Riviniana* Rechb.

ICONOGRAFÍA.

Schlechtendal Fl. von Deutsch, tom. XIII, lám. 1.275.

LOCALIDADES. —Región septentrional y zona pirenaica: Coruña (Lázaro), Asturias (Nyman), Cangas de Tineo (Lázaro), Santander (Lange), Bilbao y San Sebastián (Lange), Zumaya (Lázaro), Vertizarana (Lacoizpueta), Bielsa (Campo), Benasque (Zettersted). Valle de Arán, Baños, Mongarri (Timbal Lagrave).

Región occidental: Vigo y Bussaco (Lázaro), diseminada por casi todo Portugal (Pereira Coutinho).

Región central: El Escorial (Lange), Valle de Plasencia (Rivas Mateos).

Región oriental: Olot, Monserrat, Cabrenys y La Molina (Vayreda), Bosost (Compagni), y Berga (Grau), Sierra de Pina (Pau).

Región meridional: Fuente del Avellano, Granada (Lange), Orillas de Monachil y del Darro (Del Amo).

Variedad 2 **micrantha** Döll

SINONIMIA

Viola sylvestris Rechb. non Lam.

LOCALIDADES.—Región septentrional: Mollid (Sánchez Varela), Galdo (P. Merino), Caliero, Naranco, Llanes (Lázaro), Fontibre (Lázaro).

Región occidental: Bayona de Galicia (P. Merino), Miño, Beira trasmontana y meridional (Pereira Coutinho).

Región central: Soncillo (Estébanez), Sierra de Gata (Rivas Mateos).

Variedad 3 **rostrata** Pereira Coutinho

LOCALIDADES.—Región occidental: Beira central y litoral (Pereira Coutinho).

Variedad 4 **pygmæea** Wk

LOCALIDADES.—Región septentrional y zona pirenaica: Lugo y Cobas (Lange), Cortina (Oviedo) (Bourgeau), Santander y Cuesta Descarga (Lange), Irún (Willkomm), Puerto de Canfranc y Valle de Izas (Willkom), Benasque (Lázaro).

Región central: Miraflores (Cutanda), Guadarrama (Lange).

Viola puberula Lange. Diagn. II, pág. 10 (1881) in Kjoeb. Vidensk. Medel (1881), pág. 102.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, rizocárpica, caulescente, con rizoma y roseta de hojas verdes, pubescentes, de cuyas axilas nacen numerosos tallos erguidos, pubescentes y escamosos en su base. Hojas poco numerosas, las radicales formando una roseta, y todas con el limbo ancho, acorazonado, acuminado, cano pubescente por el envés, con festones profundos y acuminados. Estípulas pardo-escariosas, al fin caedizas casi lineales, con el borde provisto de pestañas largas. Flores cortamente pedunculadas. Cáliz con los sépalos aflechado-lanceolados, acuminados. Pétalos violados; espolón doble largo que los apéndices de los sépalos. Estigma con el ápice ganchudo y agudo. Cápsula aovada, aguda en su ápice y lampiña en la superficie. Semillas con la testa brillante y de color pardusco.

Florece en mayo y junio.

HABITACIÓN.—En suelos incultos y laderas.

ÁREA.—Circunscrita hasta hoy a una sola localidad.

LOCALIDAD.—Sierra de Alfacar (Granada), (Huter, Porta, Rigo).

Viola rupestris Schmidt, Neue Abth. Roen, Ges. tomo I, pág. 60 (1791).

SINONIMIA.

Viola Allioni Pio, Viol. pág. 20 (1813).
— *arenaria* DC. Fl. Franç., tomo IV, pág. 806 (1805).
— *Allioni* R. et S.. var. *arenaria*. Rechb. Pl. crit. Cent. I.
— *sylvatica* Tries, var. *arenaria*. Aschers et Graeb. Fl. nordostdtsch., pág. 500.
— *sylvestri* Lám., var. *rupestris*. Maxim. Diagn. pág. 830.
— *glauca* M. Bieb. Fl. Taur. cauc. III, pág. 165.
— *canina* L., var. *nana*. Fries. Nov. Fl. Suec. Edición II, pág. 274.
— *canina* L., var. *calcarea*. Rehb. Pl. crit. I. pág. 60.
— *cinerascens* Kerner, Œst. Bot., pág. 20.
— *livida* R. et S., Syst. V. pág. 363.
— *Krockeri* R. et S. Syst. V. pág. 367.
— *arenicola* Chab. Bull. Soc. Bot. Fr. tomo XVIII, pág. 196.

ICONOGRAFÍA.

Rechb. Ic. Fl. Germ., tomo III, lam. 9, figs. 4.499 y 4.900.
Rechb. Ic. pl. crit, tomo I, lám. 71, figs. 142 a 146.
Pio Viol. lám. 1, fig. 2.

Schlechtendal Flora von Deutsch. tomo XIII, lám. 1.273.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, rizocárpica, caulescente, con la superficie herbácea casi siempre pubescente. Tallos aéreos de dos a diez centímetros, naciendo en las axilas de las hojas radicales, que constituyen un roseta central. Hojas pequeñas, con el limbo arriñonado u ovado acorazonado, obtusas en el ápice y festonadas en sus bordes. Estípulas grandes, ovales, lanceoladas, con las márgenes franjeadas. Flores pequeñas, inodoras, sobre pedúnculos erguidos y bracteolados. Sépalos oblongo lanceolados. Pétalos de un azul pálido, con el espolón anchito, oliváceo y tres o cuatro veces más largo que los apéndices estaminales. Estigma aguzado y ganchudo. Cápsulas ovoideas, con la sección triangular y, generalmente, con la superficie algo pubescente.

Florece de abril a junio.

HABITACIÓN.—En terrenos incultos, brozales y laderas sombrías y húmedas.

ÁREA.—La variedad genuina se halla más abundante de lo que primitivamente se creyó, por las regiones septentrional, central y oriental, y la *grandiflora* en algunas localidades de la septentrional y de la oriental.

VARIEDADES.

Tallo hasta de dos o tres centímetros; hojas y flores de un centímetro próximamente..... Var. *genuina* Auct.

Tallos de cuatro hasta diez centímetros; hojas mayores y flores abiertas de unos dos centímetros de diámetro.. Var. *grandiflora*, Gr. Godr.

Variedad 1 **genuina** Anet

LOCALIDADES.—Región septentrional y zona pirenaica: Salinas de Avilés, Caldas de Oviedo, Pravia, Covadonga, San Vicente de la Barquera, Zarauz (Lázaro), Bielsa (Campo), Castanesa (Timbal Lagrave).

Región Central: Burgos, Navacerrada, Siete Picos, Aranda de Moncayo (Lázaro), Serranía de Cuenca, Casapolan y Rincón de Palacios (Dick),

Región oriental: Arenillo, Sierra de Pina, Puebla y Cortes de Arenoso (Rouy), Castelseras, Peñarroya (Loscos), Albarracín, Camareñas, Las Parras de Martín (Badal).

Variedad 2 **grandiflora** Gr. Godr.

LOCALIDADES. — Región septentrional y zona pirenaica. Villagarcía (Rivas Mateos) y Castanesa (Timbal Lagrave).

Región oriental: Valencia (Rivas Mateos).

Viola Villkommi Roem. Ex. Willkamm, in Limnœa, tom. XXV (1852), página 10.

ICONOGRAFÍA.

Willkommi, Illust. Fl. Hispan., tom. I, pág. 37, lám. 25.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, rizocárpica y caulescente, con el rizoma terminado por una roseta de hojas, verde y lampiña, de cuyas axilas nacen tallos aéreos herbáceos de cuatro a seis centímetros de altura. Hojas radicales con peciolos doble largos que el limbo, y las caulinares con peciolo menor y limbo acorazonado obtuso; unas y otras festonadas. Estípulas anchas, con el borde pestañoso, las de las hojas inferiores escariosas y rojizas, algo dentadas y pestañosas en su base y las de las superiores herbáceas y lanceolado-acuminadas. Flores grandes sobre pedúnculos más largos que las hojas. Sépalos lanceolados y acuminados. Pétalos violáceos, anchos, el inferior o medio manchado de amarillo en su base. Estigma ganchudo en su ápice. Cápsula trigona, aguda, con las semillas brillantes y de color pardo pálido.

Florece de abril a junio.

HABITACIÓN.—En las grietas de las rocas, especialmente de las habitadas por céspedes muscosos y en los sitios sombríos de los bosques.

ÁREA.—Parece hallarse restringida, al menos por las observaciones practicadas hasta hoy, a un corto número de localidades de la región oriental.

LOCALIDADES.—En la región oriental: Manresa (Font Quer), Monserrat (Willkomm), Peñarroya (Loscos, Pardo), Mas del Moro, Sierra de Pina (Pau).

ADVERTENCIA.—Esta especie y la *V. mirabilis* L. tienen indudablemente afinidad. Por esto Willkomm, hizo notar que su especie presentaba en los tallos una línea pelosa que no existe en la especie linneana, así como que la especie willkomiana era más robusta, sobre todo en el rizoma; agregaremos, y las hojas algo acuminadas, carácter que no tienen las hojas de la *V. mirabilis*. Agréguese también la mayor intensidad de coloración de los pétalos de la primera, aunque esta diferencia nos parece poco segura, por lo fácilmente que este carácter varía en las especies del género *Viola*.

Creemos poder agregar otra diferencia existente en las estípulas que en la *V. mirabilis* son enteras y algo pestañosas, no franjeadas, y la *V. Willkommi*, aunque también son muy cortamente pestañosas en sus bordes, presentan en éstos alguno que otro diente.

(Continuará.)

Estudio analítico de los aceites de oliva españoles

por

Obdulio Fernández y F. Bustamante

No conocemos trabajos publicados en español acerca de la composición de alimentos más que el notable y antiguo del señor Sáez Díez. Respecto al análisis de los aceites, tampoco existen más noticias que las publicadas en revistas extranjeras y las breves consignadas en algunos libros de bromatología y de análisis químico (Dorronsoro y Casares). Estimamos que lo relacionado con el aspecto analítico del aceite de oliva es de gran interés, por ser esta sustancia una de las riquezas más considerables de la agricultura nacional, y porque a nadie como a nuestros agricultores puede interesar más de cerca la constante analítica de sus productos, muy en particular cuando los destinen a la exportación, puesto que otros países productores, Italia y Estados Unidos, tienen marcadas las condiciones límites de los aceites de oliva destinados al consumo. Por otro lado, conocer la composición de una grasa vegetal por los números expresión del análisis, puede ser motivo de modificaciones adecuadas en la fabricación de aceites y causa de estudio de cultivos de olivo en diferentes terrenos y en zonas en que hasta ahora no se da planta tan importante. Además, no dejará de interesar a los laboratorios, dedicados a poner de manifiesto los fraudes en las sustancias alimenticias, el poseer datos ciertos para juzgar con la posible exactitud de los índices que se utilizan en los trabajos analíticos, en especial cuando las adulteraciones del aceite se practican con los de otros vegetales cuyas constantes analíticas se hallan algo próximas a las del de oliva.

La publicación de datos de análisis en forma estadística es costumbre que no tiene arraigo entre nosotros, en tanto que en otros países constituye una manía; resúmenes estadísticos de análisis de leches se han publicado varios años, que comprenden los de 24.000 muestras, en revistas muy manejadas en España, *Annales des falsifications et des fraudes*, se publica anualmente la composición de muchos centenares de vinos franceses. No es nuestro propósito demostrar la conveniencia de ofrecer en cuadros el

resultado de trabajos analíticos de productos naturales, porque la práctica demuestra cuántas ventajas encierra y cómo la industria y el comercio pueden explotar en determinados momentos estos estudios, de los que inmediatamente no suele obtenerse resultado provechoso.

En este trabajo nos hemos propuesto dar a conocer los análisis practicados con aceites de las cosechas de 1917 y 1918, efectuados sobre productos puros remitidos al Laboratorio del Instituto Nacional de Higiene de Alfonso XIII por fabricantes de marcas muy estimadas en los mercados mundiales, y para lo sucesivo publicaremos por bienios nuevos análisis, a semejanza de los que se hacen en otros países con producciones que para ellos pueden tener tanta importancia como el aceite para nosotros; así sucede en Francia con los de vinos que con igual motivo se efectúan en España en las estaciones enológicas por constituir la industria vinícola un factor de gran relieve en nuestra producción exportadora.

La mayor parte de los aceites analizados son originarios de la provincia de Sevilla; algunos de las de Córdoba, Castellón, Toledo y Navarra.

Densidad.—Es característica de gran valor tratándose de aceites. La hemos averiguado por el método del frasco. Comparada con los aceites de California y de Italia, la densidad de los aceites de oliva españoles resulta más baja todavía: 0,9154 la de éstos, mientras que la de los primeros es 0,9170, y la de los segundos es 0,9163.

Índice de refracción.—Esta constante física alcanza gran importancia, porque es una medida indirecta de los enlaces eténicos de los ácidos constituyentes de los glicéridos. La hemos practicado con el refractrómetro de Abbe, refiriéndola a 25°, utilizando el factor de Tolman y Munson (1) 0,000362 para hacer la corrección.

Nuestros aceites revelan un índice de refracción menor que los de Italia, California y Francia, divergiendo en la segunda cifra decimal, pues los originarios de estos países dan siempre números por encima de 1,47, 1,4709 y 1,4713, en tanto que los españoles están por debajo de esta cifra: 1,4645 y 1,4694. No se ha obtenido este dato más que en las muestras de la cosecha de 1918.

Índice de yodo.—Es una constante típica para aceites, reveladora de adulteraciones, por no existir aceites que posean índice de yodo tan bajo como el de oliva. El Ministerio de Agricultura italiano señala el número 79-90 como cifra adecuada para las muestras de este país. Villavecchia (2)

---

(1) Citado por Woodman: *Food Analysis*, pág. 153. *Jour. Am. Chem. Soc.*, página 754.—1902.

(2) *Química analítica aplicada*, tomo I, pág. 549. Trad. española.

indica como aceptables los límites 80-83, y agrega que algún aceite de España tiene un índice de yodo más elevado. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos da cifras comprendidas entre límites semejantes a las de Italia. Dentro de las cifras extremas italianas y norteamericanas, se hallan las referentes al aceite de oliva de origen español. Lewkowitsch (1) cita una referencia de Tortelli y Ruggeri, en la que se da como índice de yodo del aceite de España de 78,6 a 87,2, Archbutt da para aceites procedentes de Málaga las cifras de 78,4 a 81,4.

En algunas muestras por nosotros analizadas el índice de yodo bajo coincide con la acidez elevada (muestras 29 y 30); en cambio hay muestras de alto índice de yodo, de acidez considerable (muestra 26), lo primero tiene la explicación siguiente; al aumentar la acidez debe descender el índice de yodo, porque los glicéridos absorben bien el halógeno, en tanto que los ácidos eténicos no le fijan más que incompletamente, hecho bien conocido en Química, por cuanto los ácidos cinámico y crotónico no adquieren más que el 33 y el 8 por 100 de yodo, respectivamente, y sus esteres casi absorben la cantidad teórica (2). En esto estriba verosímilmente el hecho de que el índice de Hübl descienda en los aceites a medida que se van enranciando.

El procedimiento seguido para averiguar el índice de yodo ha sido el clásico de Hübl, porque tratándose de comparar números, es indispensable utilizar siempre los mismos procedimientos; y las disposiciones reglamentarias de los Estados Unidos y de Italia recomiendan la técnica de Hübl, que no es la mejor, pero que, como se ve, es la que ha adquirido carácter oficial.

Indice de saponificación.—Las cifras que se leen en tablas confeccionadas con análisis de aceites de oliva de diferentes procedencias, coinciden con las asignadas a la oleína, 190. Las que hemos obtenido con nuestros productos dan índices de saponificación más elevados, lo cual significa la posibilidad de que entre los glicéridos haya alguno, aunque en corta proporción, integrado por ácido de peso molecular más bajo que el oleico. La diferencia entre 190 y 212-215 corresponde a otros esteres diferentes de la oleína.

Acidez.—Hase expresado la acidez del aceite en nuestros análisis, como es práctica en otros países en ácido oleico. Los números obtenidos son, en general, tan bajos como los que resultan de los aceites de origen italiano, y en algunos casos son inferiores a los procedentes de Califor-

---

(1) *Technologie et Analyse chimiques des huiles,* tomo II, pág. 866.
(2) Meyer: *Analyse und Konstitutions ermittelung*, pág. 955.

nia, cuya acidez mínima es 0,2 por 100. Un caso de acidez formidable es el número 29; téngase en cuenta que se trata de aceites de una de las provincias más frías de España, y en la que, por razón de la cortedad de las cosechas en aceituna, no se emplean procedimientos de fabricación demasiado perfeccionados. En las tablas no está tomado en consideración este número.

El *grado de acidez*, que es dato de gran utilidad comercial, es, pues, muy pequeño, como se deduce de lo expuesto en líneas anteriores.

Temperatura específica de reacción.—Es una modificación del llamado índice termosulfúrico, muy utilizado en Italia y hoy en Norte-América, modificado, no sólo en el sentido operatorio, sino en su interpretación, de acuerdo con lo propuesto por Thomson y Ballantyne. La temperatura específica de reacción se obtiene comparando las elevaciones de temperatura que sufren aisladamente, 50 gramos de agua y 50 de aceite, al agregarlos con lentitud 10 c. c. de ácido sulfúrico. La hemos practicado con pocos aceites, obteniendo los números 94 y 98. Lewkowistch da el número 94. No concedemos gran importancia a este dato en los aceites no secantes, porque un mismo operador puede obtener cifras distintas; Tortelli, sin embargo, afirma que el dato termosulfúrico obtenido en su termoleómetro es tan exacto, que hace inútil la determinación del índice de yodo en los análisis de aceites.

Atribúyese la elevación de temperatura al mezclar el aceite con el ácido sulfúrico a que intervienen ácidos de enlace eténico, y por eso se admite cierta correlación entre la temperatura específica y el índice de yodo, aunque no pueda expresarse por un factor constante. En gran parte la interpretación es cierta; pero las mudanzas de la reacción no se explican fácilmente en todos los aceites de oliva; para los que se llaman de segunda presión, en la que se hace intervenir el agua, los cambios son explicables, y, a nuestro juicio, radican en que el residuo insaponificable formado por colesterinas, entre otras sustancias, tiene poder *hidrofílico* considerable, lo cual hace que el aceite retenga cantidades variables de agua que, al actuar con el ácido sulfúrico, influyen en la elevación de temperatura de la grasa.

La temperatura específica de reacción la hemos practicado sólo en cinco muestras de aceite.

	N.º 1	N.º 2	N.º 3	N.º 4	N.º 5	N.º 6
Densidad	0,9153	0,9174	0,9168	0,9179	0,9129	0,9130
Indice de refracción						
Indice de iodo	80,4	83,2	79,85	81,7	89,38	89,53
Indice de saponificación	210	190	180	160	212	215
Grado de acidez	2,6 %	4 %	4,97 %	9,92 %	0,61 %	0,75 %
Acidez en ácido oléico	0,728	1,125	1,40	2,77	0,173	0,21

	N.º 7	N.º 8	N.º 9	N.º 10	N.º 11	N.º 12
Densidad	0,9154	0,917	0,9136	0,9136	0,9136	0,9136
Indice de refracción						
Indice de iodo	80,30	79,72	82,71	87,41	86,50	83,50
Indice de saponificación	205	194,6	207	210	215	221
Grado de acidez	3,08	4,10	5,58	3,84	3,15	3,98
Acidez en ácido oleico	0,346	1,149	1,462	1,085	0,883	1,11

	N.º 13	N.º 14	N.º 15	N.º 16	N.º 17	N.º 18
Densidad	0,9159	0,916	0,916	0,918	0,915	0,917
Indice de refracción						
Indice de iodo	80,80	79,96	84,00	82,35	80,53	83,8
Indice de saponificación	211	193	196,5	194	198	208
Grado de acidez	5,94	2,34	1,05	1,31	2,94	3,12
Acid en ácido oleico	1,53	0,65	0,294	0,36	0,82	0,875

	N.º 19	N.º 20	N.º 21	N.º 22	N.º 23	N.º 24
Densidad	0,915	0,918	0,9141	0,9163	0,9141	0,9141
Indice de refracción			1,46488	1,46418	1,46438	1,46722
Indice de iodo	89,08	84,16	89,80	83,4	89,7	88,3
Indice de saponificación	202	196	197	191	191,9	198
Grado de acidez	1,074	1,28	1,52	6,57	1,22	11,44
Acidez en ácido oleico	0,3	0,358	0,42	1,839	0,34	3,20

	N.º 25	N.º 26	N.º 27	N.º 28	N.º 29	N.º 30
Densidad	0,9119	0,9141	0,9163	0,9163	0,9128	0,9172
Indice de refracción	1,4670	1,4678	1,4694	1,4692	1,4627	1,4650
Indice de iodo	89,6	86,2	81,0	82,0	77,9	77,8
Indice de saponificación	191	186,3	194,2	199,5	194,9	197,7
Grado de acidez	10,3	11,07	4,17	7,44	59,7	2,86
Acidez en ácido oleico	2,88	2,81	1,16	2,08	16,0	0,80

	N.º 31	N.º 32	N.º 33			
Densidad	0,9156	0,9175	0,9177			
Indice de refracción	1,4629	1,4675	1,4672			
Indice de iodo	76,3	88,4	80,9			
Indice de soponificación	192,4	176,2	190,9			
Grado de acidez	5,11	6,01	5,19			
Acidez en ácido oleico	1,43	1,68	1,44			

CUADRO COMPARATIVO

de las constantes de los aceites de oliva

		Densidad	Indice de refracción	Indice de iodo	Indice de saponificación	Acidez por 100	Temperatura específica de reacción
California	Máxima	0,918	1,4718	89,8	194	8,21	109,7
	Mínima	0,9162	1,4703	78,5	189,3	0,20	94
	Media	0,9170	1,4713	85,3	190,3	1,20	101
Italia	Máxima	0.9180	1,4713	86,1	192	2,79	104
	Mínima	0,9155	1,4705	79,2	189,6	0,57	95
	Media	0,9103	1,4709	81,6	190,9	1,11	99
España	Máxima	0,9180	1,4694	89,5	221	3,2	97,9
	Mínima	0,9128	1,4629	76,3	160	0,173	94
	Media	0,9154	1,4661	83,9	196,9	1,34	95,9

Algunos insectos Neurópteros de la República Argentina

SERIE TERCERA[1]

por el

R. P. Longinos Navás, S. J.

Gran parte de los Neurópteros de que voy a dar cuenta, estaban sin nombre en el Museo de Buenos Aires, y los recibí de don Juan Brethes, quien en carta muy amable de 15 de abril pasado, llega a decirme: «Es natural que S. R. se quede con lo que le plazca.» Tal generosidad, que mucho agradezco, me obliga naturalmente a substituir colmadamente los insectos que pasen a mi colección con otros de la mía, pertenecientes en parte a la misma República Argentina.

Por estar todavía poco estudiada la fauna neuropterológica de aquella nación, es conveniente citar todas las especies que he estudiado, aunque no sean nuevas. Sobre todo que muchas de ellas lo son para la República o la región de que se citan.

A la vez, con esta enumeración, confío se realicen los deseos manifestados por el señor Brethes en la carta de referencia. «Ojalá que este pequeño material, unido al que le ha mandado mi colega el señor don Carlos Bruch, sirva de base para que algunos jóvenes se inicien a buscar nuevos elementos de estudio.»

A estos neurópteros, recibidos del Museo de Buenos Aires, añadiré unos cuantos que con anterioridad me enviara don Carlos Bruch, del Museo de La Plata.

---

(1) Para la 1.ª y 2.º serie véase Physis, de Buenos Aires, 1917, III, páginas 186-196, y 1918, IV, págs. 80-89.

Familia ASCALÁFIDOS

1. *Haploglenius costatus* Burm. Misiones.
2. *Ululodes vetula* Ramb. Paraná, enero, Buenos Aires.
3. *Ululodes cajennensis* F. Rep. Arg. Un ejemplar muy incompleto, que refiero con duda a esta especie.
4. *Ululodes brachycera* Nav. La Rioja.
5. **Colobopterus Gallardoi** sp. nov. (fig. 1.)

Similis *peruviano* Weele.

Caput ferrugineum; clypeo et fronte subtota fuscis; oculis fusco-æneis; antennis longis, alam anteriorem æquantibus, ferrugineis, apice articulorum fusco, basi pilis fuscis; clava ovali elongata, flavida, basi fusca. Pili capitis plerique ferruginei.

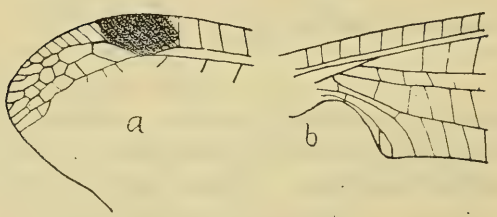


Fig. 1
Colobopterus Gallardoi ♀ Nav.
Ala anterior: *a*, ápice; *b*, base
(Col. m.)

Thorax inferne ferrugineus, fusco maculatus; pilis pallidis; superne fuscus, maculis striisve longitudinalibus ferrugineis ad lobos laterales et scutellum; pilis plerisque fusco-griseis.

Abdomen testaceum, striis quatuor fuscis longitudinalibus ad pleraque segmenta superne, inferne maculis fuscis.

Pedes testacei, abunde fusco maculati punctatique, fusco pilosi; calcaribus fusco-castaneis, tres primos torsorum articulos longitudine subæquantibus.

Alx hyalinæ, irideæ, apice subacutæ; reticulatione fusca, costa et subcosta pallidioribus; stigmate nigro, elongato, venulis nigris 6-8 comprehenso.

Ala anterior (fig. 1) stigmate 8 venulis comprehenso; area apicali 3-4 areolata, areolis anterioribus pluribus minutis; 3 venulis radialibus internis; sectore radii 6 ramis; 5 venulis cubitalibus internis; angulo axillari prominulo, rotundato.

Ala posterior brevior angustiorque; stigmate breviore angustioreque, fere 6 venulis contento; area apicali triareolata, areolis marginalibus mi-

noribus; una venula radiali interna; postcubito parum curvato, axillari 3 venulis.

Long. corp. ♀.	18	mm.
— anteun.	24,8	—
— al. ant.	24,8	—
— — post.	21,8	—

Patria. República Argentina (Col. m.)

He apellidado *Gallardoi* esta especie en obsequio de don Angel Gallardo, director del Museo de Buenos Aires. Escribíame el señor Brethes: «¿Me sería permitido rogarle que si hubiera alguna novedad no se olvide de nuestro director, el amable doctor don Angel Gallardo, para dedicarle alguna especie?» Es muy justo inmortalizar en el campo de la ciencia los nombres de aquellos que por ella trabajan o han trabajado. Por esto, habiendo satisfecho gustoso este deseo del señor Brethes y deber mío, cúmpleme ahora no olvidarme tampoco del señor Brethes, cuyos numerosos y valiosos trabajos científicos conoce el mundo entero.

6. **Fillus** gen. nov.

Similis *Disparomito* Weele.

Caput grande, oculis sulco divisis; antennis ala anteriore multo brevioribus, lævibus, clava ovali.

Abdomen in ♂ alis longius, primo tergito processu longo apice bilobo ornato; cercis superioribus cylindricis, visibilibus.

Pedes breves, fortes, calcaribus primo articulo tarsorum longioribus.

Alæ longæ, angustæ, aeice fere elliptice rotundatæ; stigmate alto, haud elongato, cubiti angulo aperto; postcubito recto, brevi.

Ala anterior angulo axillari obtuso, haud prominulo.

Ala posterior basi angustata, angulo rami obliqui cubiti subrecto.

En la longitud del abdomen del ♂ se parece al género *Disparomitus* Weele, pero difiere sobremanera en la forma del proceso dorsal del primer segmento del abdomen, muy parecido al del género *Pseudoptynx* Weele, de la tribu de los Acmonotinos.

En la estrechez y forma de las alas se asemeja asimismo al género *Disparomitus*, pero difiere en la cortedad del estigma, el cual en este género es alargado «langestreckt, mindestens, zweimal länger wie hoch», y en el nuevo género las dos dimensiones son próximamente iguales.

El tipo es la especie siguiente, *F. Brethesi*.

En el mismo género incluyo la especie que Van der Weele puso con duda en el *Acmonotus* Mac Lachl. «Acmonotus? paradoxus Weele». As-

calaphiden, 1912, p. 208, fig. 159, del Paraguay, descrito a la vista de un ejemplar ♀. Lo considero especie distinta, atendida la malla de las alas más densas y otros caracteres.

Es un género intermedio entre *Disparomitus* Weele y *Acmonotus* Mac Lachl. Ambos deben incluirse en la misma tribu, por lo cual las dos de Van der Weele, *Suphalacsini* y *Acmonotini*, habrán de fundirse en una.

Sus caracteres podrán precisarse así:

Suphalacsini (ampl.) Weele, Ascalaphiden, 1912, p. 156.

Caput oculis sulco divisis; antennis thorace multo longioribus, axi haud pilis verticillatis vestito, clava forti.

Abdomen cercis ♂ parum prominentibus sive elongatis; interdum in ♂, primo, secundo vel tertio tergito processu ornato.

Alæ elongatæ, haud multum ampliatæ; ramo obliquo cubiti manifesto, angulo aperto; postcubito recto, brevi, cum ramo obliquo cubiti conjuncto.

Ala anterior angulo axillari plus minusve rotundato, parum vel haud prominulo, interdum in lobum triangularem.

Ala posterior basi angustata.

La fusión de ambas tribus Sufalacsinos y Acmonotinos en una, se hace todavía más necesaria por la existencia del género *Stylonotus* Needham, el cual, por ofrecer una prolongación dorsal en el tercer segmento abdominal del ♂ y no en el primero ni en el segundo, no puede admitirse bien ni entre los Sufalacsinos ni entre los Acmonotinos de Van der Weele, por lo cual ya en un trabajo anterior (*Sinopsis de los Ascalófidos*, Barcelona, 1913, p. 52) para incluirlo entre los Acmonotinos, me vi obligado a ampliar la característica de la tribu de como la había constituído Van der Weele.

En virtud de la fusión de las dos tribus y de la creación del nuevo género *Fillus*, será conveniente dar una clave sinóptica de todos los géneros que en ella actualmente admito.

Clave de los géneros de los Sufalacsinos:

1. Abdomen sin proceso dorsal en ninguno de los segmentos del ♂. 2

Abdomen del ♂ con elevación dorsal diversiforme en uno de los tres primeros segmentos. 6

2. Alas redondeadas u obtusas en el ápice, con el campo apical ancho; estigma tan ancho como largo. 3

Alas más o menos agudas o angulosas en el ápice, con el campo apical poco ancho y estigma alargado, al menos dos veces más largo que ancho. 4

3. Alas redondeadas en el ápice; la posterior, no ensanchada en el

margen posterior, sino estrechada en la base; antenas cortas, que llegan a lo más al estigma; color general del cuerpo, amarillo, con dibujos negros, o enteramente obscuro; pelos ralos. . . . . 1. **Suphalacsa** Lef.

Alas obtusas en el ápice, la posterior sensiblemente convexa en el margen posterior; antenas largas hasta el estigma del ala anterior o apenas menos, con la maza fusiforme; cuerpo uniformemente negruzco, con largos y densos pelos. . . . . 2. **Agrionosoma** Weele.

4. Alas casi igualmente anchas y largas; abdomen del ♂ más corto que el ala posterior; antenas, sobre todo en el ♂, claramente arqueadas en la base; patas fuertes; color del cuerpo, amarillo o testáceo, con dibujos negros. . . . . 3. **Helicomitus** Mac Lachl.

Antenas rectas. 5

5. Ala posterior visiblemente más corta que la anterior, sobre todo en el ♂; abdomen del mismo tan largo como el ala posterior o más, cilíndrico; patas delgadas; color del cuerpo, obscuro, con pelos ralos; malla de las alas, obscura. . . . . 4. **Suphalomitus** Weele.

Alas poco diferentes en longitud, con malla muy clara; cabeza muy grande; borde anterior del mesonoto provisto de un collarete formado de pelos densos y levantados. . . . . 5. **Stephanolasca** Weele.

6. Abdomen del ♂ con una elevación dorsal en el primer segmento. 7

Elevación dorsal en el segundo o tercer segmento abdominal del ♂. 9

7. Proceso del primer segmento abdominal poco elevado o poco largo, en forma de silla o bilobado. 8

Proceso del primer segmento abdominal muy largo, inclinado, llegando casi al extremo del tercer segmento, de forma cónica en la base, cilíndrico en lo demás; bilobado en el extremo; abdomen más largo que las alas; éstas con el estigma a corta diferencia tan largo como ancho. . . . . 8. **Fillus** Nav.

8. Ala posterior visiblemente más corta que la anterior; abdomen más corto que aquélla: elevación dorsal del primer segmento poco alta, apoyada sobre el segundo, posteriormente bilobado. 6. **Nanomitus** Nav.

Alas casi igualmente largas, con malla parda; abdomen muy largo, en el ♂ mucho más largo que el ala anterior; prominencia dorsal del primer segmento en forma de silla, inclinada hacia el segundo. . . . . 7. **Disparomitus** Weele.

9. Elevación dorsal del abdomen del ♂ situada en el segundo segmento, alta, cónica, adelgazada y ahorquillada en el extremo; estigma más largo que ancho; campo apical con tres series de celdillas. 10

Elevación abdominal del ♂ situada en el tercer segmento, más larga

que el mismo; alas con malla clara; campo apical con dos series de celdillas; ángulo axilar del ala anterior, obtuso, no prominente. . . . . 11. **Stylonotus** Needh.

10. Malla de las alas, densa; ángulo axilar del ala anterior algo prominente; abdomen del ♂ tan largo, al menos, como el ala posterior. . . . . 9. **Acmonotus** Mac Lachl.

Ala anterior con el ángulo axilar prominente en un lóbulo triangular; abdomen más corto que el ala posterior, engrosado en la base. . . . . 10. **Pseudoptynx** Weele.

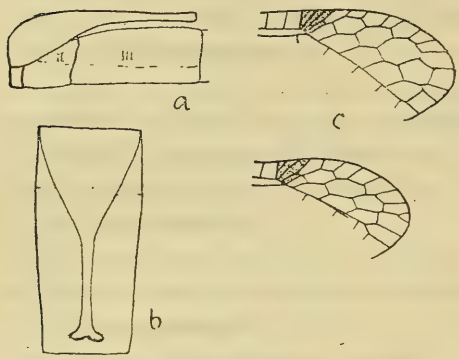


Fig. 2

Fillus Brethesi ♂ Nav.

a, primeros segmentos abdominales, vistos de lado; *b*, idem, vistos por encima; *c*, extremo de las alas

(Col. m.)

7. **Fillus Brethesi** sp. nov. (fig. 2).

Caput grande, thorace latius, fuscum, ad os et ad oculorum circulum fulvo-flavum; pilis faciei griseis, verticis nigris; oculis fusco-fulvis; antennis dimidio alæ anterioris vix longioribus, testaceis, basi ferrugineis, clava lata brevique, fusca.

Thorax superne fuscus; mesonoto stria bina longitudinali ad latus fulvo-flava; postcutello subtoto fulvo; proscuto postice elevato in modum squamæ; metanoto subtoto fusco-nigro; inferne fulvus, fusco varius. Pili superni laterales nigri, inferni grisei.

Abdomen ♂ ala anteriore paulo longius, sublæve, sensim attenuatum, fuscum, striolis in primis segmentis testaceis; in medio posteriore totum fuscum; cercis superioribus brevibus, cylindricis, nigro pilosis. Processus dorsalis primi segmenti (fig. 2, *a*, *b*) declivis, subhorizontalis, in duobus quintis basilaribus conicus, mox cylindricus, apice in duos lobulos breves divergentes divisus, fuscus, transverse striolatus.

Pedes nigri, albido pilosi, nigro setosi; femoribus apice, tibiis superne ad basim et stria media longitudinali testaceis; calcaribus ferrugineis, vix arcuatis, anterioribus duos primos tarsorum articulos subæquantibus; unguibus ferrugineis, divaricatis.

Alæ hyalinæ (fig. 2, *c*), immaculataæ; reticulatione laxa, fusca, radio pallidiore; stigmate flavo, 4 venulis fortibus nigris contento, latere interno

recto, externo obliquo; area apicali lata, triareolata; sectore radii 5 ramis, primo seu interno furcato.

Ala anterior apice elliptice rotundata; 6 venulis radialibus internis, 4 cubitalibus internis, seu citra ramum obliquum; angulo axillari levissime prominente, margine incrassato, nigrato.

Ala posterior apice magis obtusa; 3 venulis radialibus internis, 6 cubitalibus internis seu citra ortum rami obliqui cubiti; hoc subperpendiculari cubito et margini posteriori.

Long. corp. ♂	37	mm.
— antenn.	15	—
— al. ant.	28'4	—
— — post	23	—

Patria. República Argentina (Col: m.).

Familia MIRMELEÓNIDOS

8. *Dimares lepidus* Nav. Chubut.

9. *Vella puerpera* Nav. Córdoba. De la misma localidad que el tipo.

10. *Myrmeleon argentinus* Banks. La Rioja, Misiones, Cacheuta.

11. *Austroleon dispar* Banks. La Rioja, Catamarca.

12. *Austroleon argentinus* Banks. Argentina, Carm., Patagonia.

13. *Austroleon dorsalis* Banks. La Rioja.

14. *Austroleon frontalis* Banks. Argentina.

15. *Austroleon stictogaster* Nav. Paraná, enero y marzo, Jatta.

16. *Austroleon alienus* Nav. Paraná, diciembre y febrero.

17. **Austroleon ternarius** sp. nov. (fig. 3).

Fulvus, fusco varius.

Caput fulvum, striola obliqua utrimque ad antennarum basim, alia fascia transversa pone antennas, fuscis; fascia fusco-ferruginea transversa in vertice; oculis in sicco fusco-plumbeis.

Prothorax (fig. 3) longior quam latior, sulco transverso distincto, linea longitudinali ad marginem lateralem pone sulcum et alia in disco, striola media brevi, fuscis. Meso et metathorax fusci, fulvo striolati et varii.

Abdomen fuscum, superne plerisque segmentis linea vel macula laterali fulva parum definita; pilis fuscis.

Pedes fulvi, albo pilosi, fusco punctati et setosi: calcaribus testaceis, anterioribus duos primos tarsorum articulos superantibus.

Alæ hyalinæ, irideæ, apice acutæ, margine externo haud excavato; stigmate fulvo, interne haud fuscato; reticulatione plerumque fusca, tribus venis anterioribus costa, subcosta, radio usque ad confluentiam fulvis; multis venulis item fulvis; sectore radii subtoto fusco.

Ala anterior 4 venulis radialibus internis; sectore radii 10 ramis; puncto ad rhegma et stria duplici augustissima anteapicali et ad anastomosim rami obliqui cubiti, venulis fusco-ferrugineo limbatis, item axillis furcularum marginalium.

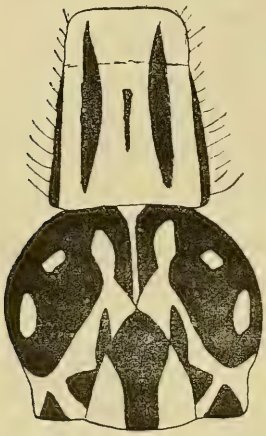


Fig 3
Austroleon ternarius ♂ Nav.
Tórax
(Col. m.)

Ala posterior 3 venulis radialibus internis; sectore radii 8-9 ramis; atomo ad rhegma et umbra ad marginen externum fusco-ferrugineis.

Long. corp.	22'5	mm.
— al. ant.	25	—
— — post	23'5	—

Patria. República Argentina (Col. m.).

18. **Austroleon elongatus** sp. nov.

Similis *dolichogastri* Nav.

Fulvus, fusco varius.

Caput fulvum, macula grandi in vertice inter antennas, antrorsum porrecta ante antennas in ∧, fusca; vertice et occipite ferrugineo-fusco maculatis; oculis in sicco fulvo-fuscis.

Prothorax longior quam latior, antrorsum vix angustatus, sulco profundo transverso in tertio anteriore; fulvus; superne linea media longitudinali pone sulcum, ante apicem obsoleta, fusca, alia linea laterali longitudinali fuscescente; pilis lateralibus albis. Meso-et metathorax fusco-ferruginei, fulvo breviter striati.

Abdomen ♂ longissimum, inferne fuscum, pilis albis; superne fulvum, linea media longitudinali angusta fusca; pilis plerumque fuscis, atomis fuscis insertis, ultimis tergitis totis fuscescentibus; cercis brevibus, paulo longioribus latitudine ultimi segmenti, pilis fuscis.

Pedes fulvi, albo pilosi, fusco punctati et setosi; calcaribus anterioribus duos primos tarsorum articulos æquantibus; articulo ultimo tarsorum apice late fusco.

Alæ angustæ, hyalinæ, irideæ; apice acutæ; reticulatione fulva; pilis fimbriisque fulvo-fuscis.

Ala anterior area apicali fere 7 venulis gradatis, radiali 3 venulis

internis; sectore radii 7 ramis; area cubitali angusta, fere 11 venulis citra ramum obliquum, postcubitali angustiore, simplice; aliquot venulis fusco-ferrugineo limbatis, præcipue puncto ad rhegma et plerisque venulis intercubitalibus; striola parum sensibili ad anastomosim rami obliqui cubiti; aliquot venulis postcubitalibus ad marginem posteriorem.

Ala posterior nullis venulis limbatis nisi atomo ad rhegma; area apicali angustiore, fere 4 venulis gradatis; area radiali 2 venulis internis, sectore radii 6 ramis; pilula axillari disco testaceo.

Long. corp. ♂	35'5	mm.
— al. ant.	19	—
— — post	16'5	—

Patria. República Argentina. Paraná, diciembre (Col. m.).

19. **Austroleon antennatus** sp. nov.

Similis *dispari* Banks.

Flavus, fusco varius.

Caput macula grandi fusca in vertice et inter antennas, ante has in angulum ∧ porrecta; occipite fulvo, striis ferrugineis transversis; oculis in sicco fuscis; antennis thorace brevioribus, clava forti, longa, in medio basilari fuscis; sensim versus apicem fulvo-ferrugineis; articulis basilaribus apice anguste fulvo maculatis.

Thorax flavus, longitudinaliter fusco striatus. Prothorax latior quam longior, antrorsum angustatus; marginibus lateralibus pone sulcum fuscis; fascia lata longitudinali fusca, medio longitudinaliter subinterrupta; pilis ateralibus albis.

Abdomen inferne fuscum, superne flavum, linea longitudinali media angusta fusca; pilis fuscis; cercis longis fere ut duo ultima segmenta, cylindricis, flavis, pilis longis densisque perpendicularibus fuscis hirsutis.

Pedes flavi, albido pilosi, fusco setosi, coxis anterioribus pectine pilorum alborum instructis, duabus maculis fuscis externis; femoribus anterioribus superne subtotis, tibiis anterioribus externe tolis fuscis; calcaribus duos primos tarsorum articulos æquantibus; articulis tarsorum apice fuscis.

Alæ hyalinæ, irideæ; apice acutæ; reticulatione subtota fusca, albido varia, immaculata; atomo fusco ad rhegna in ala anteriore; stigmate flavido, haud fusco limitato.

Ala anterior 3 venulis radialibus internis; sectore radii 7 ramis; venulis plerisque procubitatibus ad cubitum levissime fusco limbatis.

Ala posterior pilula axillari ferruginea, anguste pedunculata.

Long.	corp. ♂.	21	mm.
—	al. ant.	19	—
—	— post.	17,5	—
—	cerc.	4	—

Patria. República Argentina: Puerto Mastryn, Chubut (Col. m.) Un ejemplar bastante deteriorado.

20. *Ameromyia fidelis* Nav. Chubut, Potrerillo.

21. *Ameromyia Stevensi* Nav. Banda oriental.

22. **Ameromyia alterna** sp. nov.

Fulva, fusco et ferrugineo varia.

Caput fulvum, maculis in vertice vel fronte fuscescentibus; oculis fulvo-fuscis; palpis flavis; antennis thorace brevioribus, fuscis, primo articulo fulvo, clava forti, inferne fulva.

Thorax inferne flavus, fusco striatus in mesosterno; superne fulvus, stria laterali longitudinali fusca. Prothorax paulo latior quam longior, antrorsum angustatus, duabus striis longitudinalibus lateralibus, interna parum definita, margine ipso laterali fulvo.

Abdomen fulvum, fulvo hirsutum, superne linea longitudinali angusta fusco-ferruginea.

Pedes fulvi, fusco setosi; calcaribus testaceis, anterioribus duos primos tarsorum articulos excedentibus.

Alæ hyalinæ, irideæ, apice acutæ, linea plicata anteriore et posteriore manifesta, longa; fere 3 venulis radialibus internis; reticulatione fulvo-flava, fusco varia, radio et procubito subtotis flavis, subcosta flava, ad venularum insertionem fusco striata; sectore radii subtoto cum suis ramis usque ad lineam plicatam fuscis; stigmate flavo, haud fusco limitato, elliptico.

Ala anterior sectore radii fere 12 ramis; cubito ad medium, saltem in ♀ leviter fusco-ferrugineo marginato; areis cubitali et postcubitali longis, angustis, simplicibus; fere 11 venulis cubitalibus internis seu citra ortum rami obliqui.

Ala posterior sectore radii fere 11 ramis; 4-5 venulis inter postcubitum et ramum obliquum cubiti; pilula axillari in ♂ grandi, ferruginea.

		♂	♀
Long.	corp.	50 mm.	35 mm.
—	al. ant. . . .		35 —
—	— post. . .		33 —

Patria. República Argentina: Banda oriental. (Col. m.) Ejemplares deteriorados y rotos.

23. **Plater** gen. nov.

Similis *Lemolemo* Nav.

Caput antennis basi minus suo diametro distantibus, clava forti.

Prothorax fere latior quam longior.

Abdomen alis brevius; cercis ♂ haud prominentibus.

Pedes mediocres; tibiæ I et II haud longiores suis femoribus; calcaria longiora duobus primis tarsorum articulis; articulus primus tarsorum longior secundo, quintus longior primo.

Alæ area costali saltem ad medium biareolata; area apicali aliquot venulis gradatis instructa; nulla linea plicata; ramo cubiti manifesto in angulum acutum; postcubito ultra ortum sectoris radii finiente.

Ala anterior plus quam 5 venulis radialibus internis, aliquot cellulis divisis.

Ala posterior longior; fere duabus venulis radialibus internis; pilula ad axillam in ♂ manifesta, pedunculata.

Difiere del género *Lemolemus* Nav. en tener biareolado el campo costal del ala posterior, en la longitud mayor de ésta, etc.

El tipo es la especie siguiente:

24. **Plater iniquus** sp. nov.

Caput facie flava; fronte inter et ante antennas nigra, in ♂; vertice et occipite fuscis; oculis fuscis; antennis thorace paulo longioribus, fuscis, fulvo annulatis, clava forti, lata, pyriformi, inferne pallidiore.

Thorax fuscus, fulvo varius, fusco pilosus.

Abdomen fuscum, fusco et albo pilosum; superne maculis lateralibus parum definitis ad pleraque segmenta, fulvis.

Pedes fulvi, fusco punctati et setosi, atbido pilosi; femoribus anticis superne ad apicem, tibiis superne subtotis fuscis; femoribus posterioribus apice fusco annulatis, tibiis inferne fuscis; articulis tarsorum apice fuscis; calcaribus subrectis, anterioribus tres, posterioribus duos primos tarsorum articulos æquantibus aut superantibus.

Alæ hyalinæ, irideæ; apice acutæ; margine externo convexo; reticulatione fusca albido varia; stigmate pallido.

Ala anterior area costali versus medium ampliata; subtota, basi excepta et apice, biareolata, aliquot areolis mediis in tres divisis; stigmate interne leviter fuscato; area radiali interna fere 7 venulis, 2-3 areolis divisis; sectore radii 9 ramis; subcosta et radio fusco et albido striatis; aliquot venulis anguste fusco limbatis, striam obliquam ad rhegma et aliam ad anastomosim rami obliqui cubiti multo tenuiorem fere insensibilem for-

mantibus; area cubitali angusta, fere 15 venulis citra ramum obliquum, una vel altera areola divisa; area postcubitali longa, angusta, postcubito ultra ortum sectoris radii finiente.

Ala posterior longior angustiorque; area costali vix dilatata, aliquot areolis ultra medium divisis, fere 8 venulis gradatis; duabus venulis radialibus internis; sectore radii 8 ramis; postcubito longo, recto, apice subito deflexo, una venula sum sectore cubiti connexo, ultra ortum sectoris radii finiente; subcosta et radio albido et fusco alternatim striatis; paucis venulis angustissime fusco limbatis, atomos ad rhegma et ad axillas furcularum marginalium efficientibus; pilula disco ferrugineo testaceo ferrugineo, logiter pedunculato.

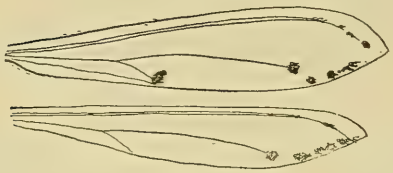


Fig. 4
Formicaleo punctipennis Banks
Alas (esquemáticas)

Long. corp.	17	mm.
— al. ant.	22	—
— — post. . . .	23,5	—

Patria. República Argentina: Buenos Aires, Muñis. (Col. m.)

25. *Fornicaleo punctipennis* Banks (fig. 4). Tucuman, C. S. Reed. (Mus. de La Plata.) Nuevo para la Argentina; el tipo es de Colombia.

Como anteriormente he dicho, reduzco el género *Incamoleon* Banks al *Formicaleo* Leach y ofrezco el dibujo esquemático de las alas de esta especie, de una hechura en todo análoga a las de los *Formicaleo* de Europa.

Familia HEMERÓBIDOS

26. **Naizema** gen. nov.

Similis *Climaciæ* Mac Lachl.

Antennæ primo articulo elongato, ceteris transversis.

Prothorax transversus.

Abdomen alis brevius.

Alæ subcosta et radio ad stigma confluentibus; uno sectore radii, ramis ejus dichotomis; area costali ramo recurrente ad basim cellulam formante; margine externo haud excavato.

Ala anterior area costali simplice, venulis plerumque furcatis aut ramosis; venulis discalibus in duas series gradatas dispositis; ramo recurrente inter basim sectoris radii et procubitum.

Ala posterior paucis venulis discalibus vix in seriem dispositis; aliquot prope basim.

Difiere este género de otros Sisirinos en la presencia del ramo recurrente costal en ambas alas, cuando de ordinario tal ramo, si existe, aparece sólo en el ala anterior.

El tipo es la especie siguiente:

27. **Naizema patagonica** sp. nov. (fig. 5).

Fulva, fusco varia.

Caput oculis plumbeis; antennis primo articulo fusco, ceteris fulvis, apice anguste fusco annulatis.

Thorax inferne fuscus, pilis fulvo-albis; superne fulvus, linea media longitudinali augusta et alia marginali laterali lata, fuscis. Mesonotum fascia lata ad lobulos laterales, duabus striis longitudinalibus in proscuto, fuscis. Metanotum fascia laterali longitudinali ad lobos laterales et linea media longitudinali in metascutello fuscis.

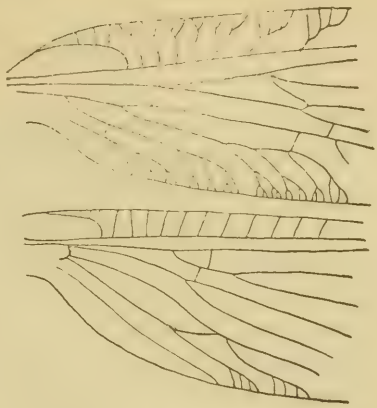


Fig. 5
Naizema patagonica Nav.
Base de las alas
(Col. m.)

Abdomen inferne fuscum, superne fulvum, fulvo-albo hirsutum, linea media longitudinali dorsali fusca.

Pedes ferrugineo fusci, albido pilosi; tarsis fulvis, articulis fere longitudine decrescentibus, apice fuscis; tibiis posterioribus longiter pilosis, pilis fuscis mistis pallidis.

Alæ (fig. 5) apice subacutæ, margine externo leviter convexo; membrana hyalina, iridea; reticulatione plerumque fusca, pilis fuscis longiusculis; stigmate pallido.

Ala anterior venis fulvis, fusco crebro punctatis; venulis fuscis; venulis costalibus furcatis aut ramosis, maculis 5-6 fusco-ferrugineis citra stigma; venulis gradatis fere 7-3, ultra alæ medium, aliis paucis in duas series citra medium; ramo vel venula recurrente inter basim sectoris radii et divisionem procubiti; sectore radii 4 ramis; procubito citra alæ medium, cubito prope basim furcatis; margine posteriore recto.

Ala posterior reticulatione plerumque fusca; area costali angusta, venulis simplicibus; aliquot maculis fuscis prope stigma; sectore radii 4 ramis; una venula radiali externa seu ultra ortum sectoris radii, prope illum; alia

intermedia inter ortum sectoris et procubitum; procubito prope basim furcato; una venula prope apicem inter utrumque procubiti ramum; cubiti ramo posteriore apice cum anteriore confluente.

Long. corp.	7,4	mm.
— al. ant.	10,4	—
— — post.	9,3	—

Patria. Patagonia. Carm. (Col. m.)

Familia CRISÓPIDOS

28. *Chrysopiella argentina* Banks. Cacheuta.

29. *Chrysopa lanata* Banks. Buenos Aires, Paraná, Marzo. Esta especie es en la Argentina lo que la *vulgaris* en Europa.

30. **Chrysopa lanata** Banks. var. **gradata** nov.

Prothorax duabus striis longitudinalibus fuscis in disco, ad sulcum transversum interruptis.

Ala anterior venulis gradatis fere 5/7 illis seriei internæ et quatuor ultimis seriei externæ totis nigris, duabus primis sive anterioribus seriei externæ viridibus; item ultima procubitali obscura.

Ala posterior venulis gradatis fere $^3/_6$, viridibus.

Cetera ut in typo.

Long. corp.	8,5	mm.
— al. ant.	12	—
— — post.	10,3	—

Patria. República Argentina: Alta Gracia (Córdoba), febrero de 1918, Bruch leg. (Mus. de La Plata.)

31. **Chrysopa thallina** sp. nov.

Læte viridis.

Caput facie flava, vertice et occipite viridibus, juxta oculos flavis; oculis in sicco fusco-æneis, nitentibus; antennis flavis, primo articulo superne stria sanguinea longitudinali leviter obliqua notato, seu postice introrsum inclinata.

Prothorax latior quam longior; superne ad margines laterales stria rubra notatus et ad discum duplici stria longitudinali fuscescente, parum conspicua.

Abdomen inferne viridi-flavum, pilis flavidis.

Pedes tibiis posterioribus parum compressis, linea impressa longitudinali dotatis; tarsis flavidis.

Alæ augustæ, hyalinæ; irideæ, acutæ; pilis fimbriisque viridi-flavis, una vel altera venula stigmali in area subcostali; venulis gradatis fere $^2/_6$, viridibus.

Ala anterior venulis aliquot costalibus, prima intermedia ad apicem cellulæ divisoriæ inserta, procubitali, cubitali et aliquot marginalibus posterioribus subtotis fuscatis.

Ala posterior nullis venis venulisve obscuratis.

Long. corp.	9,4	mm.
— al. ant.	15	—
— — post.	13,4	—

Patria. República Argentina: Catamarca. C. S. Reed. (Mus. de La Plata.)

32. **Chrysopa graciana** sp. nov.

Viridi-olivacea.

Caput flavum, vertice duabus striis sanguineis fere in ( ), antice confluentibus, medio crassis, notato; oculis in sicco fuscis; antennis flavis, apicem versus fuscescentibus.

Prothorax latior quam longior, angulis anticis truncatis; disco puncto vel striola duplici fusco-rubra aute sulcum transversum.

Abdomen olivaceum, immaculatum, inferne pallidius.

Pedes tibiis posticis vix compressis neve dilatatis, linea impressa longitudinali distincta.

Alæ acutæ, irideæ.

Ala anterior venulis costalibus fere omnibus, gradatis $^4/_6$, prima subcostali, primis procubitatibus et cubitatibus et marginalibus posterioribus basilaribus seu citra apicem sectoris cubiti totis, aliquot aliis initio et fine vel initio aut fine nigris; venulis 4 intermediis, prima intra cellulam divisoriam sed proxime apici inserta.

Ala posterior paucis venulis, forte externis gradatis nigratis, gradatis fere $^3/_6$.

Long. corp.	7,7	mm.
— al. ant.	11,9	—
— — post.	11,1	—

Patria. República Argentina: Alta Gracia, febrero de 1918. C. Bruch. (Museo de La Plata.)

33. **Chrysopa tucumana** sp. nov.

Viridi-alba.

Caput flavum, oculis in sicco fusco-æneis, nitentibus; antennis flavis, ala anteriore paulo longioribus, duobus primis articulis stria longitudinali externa rubra signatis.

Prothorax latior quam longior, marginibus lateralibus parallelis, superne linea media longitudinali flava, angulis anticis rubido suffusis. Meso- et metanotum linea media longitudinali flava.

Abdomen inferne pallidius.

Pedes tibiis posterioribus leviter compressis, linea impressa longitudinali distincta.

Alæ acutæ, hyalinæ, irideæ; venis plerumque flavo-viridibus vel flavis, pilis longiusculis fimbriisque flavis.

Ala anterior venulis costalibus, radialibus, gradatis $^3/_6$, prima intermedia ad apicem cellulæ divisoriæ vel vix interius inserta, secunda et ultima procubitali totis nigris; sectore radii initio, sectore procubiti fine, seu apice cellulæ divisoriæ, nigris.

Ala posterior fere nullis venulis obscuratis, gradatis $^2/_5$.

Long. corp.	.....	8,3 mm.
— al. ant.	.....	11,5 —
— — post.	.....	10,4 —

Patria. República Argentina: Tucumán, C. S. Reed (Mus. de La Plata).

34. **Chrysopa reedina** sp. nov.

Viridi-pallida.

Caput flavum; stria rubra inter oculos et os; oculis in sicco fusco-nigris; antennis flavis, apice fuscescentibus.

Prothorax paulo latior quam longior, antrorsum leviter angustatus; angulis anticis oblique truncatis; superne viridis; vitta media longitudinali flava. Meso-et metanotum vitta media longitudinali flavo-alba.

Abdomen superne vitta media longitudinali flavo-alba.

Pedes tibiis posterioribus leviter compressis, vix dilatatis, linea impressa longitudinali dotatis; tarsis flavescentibus; unguibus basi fortiter dilatatis.

Alæ angustæ, acutæ, hyalinæ, irideæ, pilis fimbriisque flavidis.

Ala anterior venulis gradatis $^7/_8$; prima subcostali, prima intermedia, ad apicem ipsum cellulæ divisoriæ, vix ultra pertingente, secunda et ultima procubitali, prima cubitali totis, radialibus plerisque initio et fine, sectore radii ejusque ramis initio fuscis.

Ala posterior nullis venulis fuscatis, gradatis fere $^{6}/_{7}$.

Long. corp.	8	mm.
— al. ant.	13,5	—
— — post.	12,4	—

Patria. República Argentina: Tucumán, C. S. Reed (Mus. de La Plata).

35. **Leucochrysa Reedi** sp. nov.

Similis *pretiosæ* Banks.

Caput flavum, ad os utrimque rubro suffusum; occipite viridi; macula nigra in Y inter antennas, retrorsum cum linea divergente rubra in vertice continuata, vel potius cum linea transversa rubra, triangulum efficiente, cujus latera retrorsum continuantur; antennis flavis, fusco pilosis, ala anteriore longioribus.

Prothorax latior quam longior, marginibus lateralibus parallelis; angulis anticis oblique truncatis; superne viridis, lidea media viridi-flava; inferne flavus. Meso-et metathorax superne subtoti fusci, metanoto ad marginem posteriorem viridi, inferne virides.

Abdomen superne viride, vitta media longitudinali flavescente; inferne flavum, pilis flavis.

Pedes virides; femoribus intermediis et posterioribus viridi-flavis; tibiis teretibus; tarsis flavidis; unguibus arcuatis, basi fortiter dilatatis.

Alæ hyalinæ, irideæ; reticulatione viridi; stigmate pluribus venulis diviso, viridi.

Ala anterior stigmate puncto exiguo fusco interno ad subcostam; venulis gradatis fere $^{9}/_{9}$, internis et duabus primis (anterioribus) externis viridibus, reliquis externis fuscis; ultima venula procubitali fusca fuscoque limbata, punctum subrotundum ad procubitum formante; umbra exigua fusca ad membranam et ad angulum axillarem.

Ala posterior angustior, acuta; stigmate macula grandi interne limitato, fusca, elliptica, ad areas costali et subcostali, costam et radium vix vel nullatenus attingente; venulis gradatis fere $^{9}/_{8}$, viridibus.

Long. corp. ♂	11	mm.
— al. ant.	19,5	—
— — post.	17,5	—

Patria. República Argentina: San Juan, C. S. Reed (Mus. de La Plata).

36. **Nadiva** gen. nov.

Similis *Nothochrysæ* Mac Lachl.

Caput labro emarginato; antennis fortibus, primo articulo grandi, ceteris transversis.

Prothorax transversus.

Pedes teretes, tibiis teretibus, apice calcaribus brevibus instructis; unguibus arcuatis, basi haud fortiter dilatatis.

Alæ stigmate venulis pluribus in area costali distincto; venulis gradatis numerosis; ramis ad margines externum et posteriorem fere omnibus furcatis.

Ala anterior cellula tertia procubitali in duas polygonales venula longitudinali divisa; postcubito duobus ramis instructo, seu bis furcato; ramis cubiti plerumque omnibus furcatis.

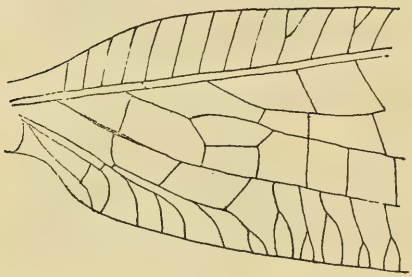


Fig. 6
Nadiva pletorica ♀ Nav.
Base del ala anterior
(Mus. de La Plata)

Ala posterior vena axillari furcata.

El tipo es la especie siguiente.

37. **Nadiva pletorica** sp. nov. (fig. 6).

Flava.

Caput oculis in sicco nigris; fronte, vertice et occipite rubro suffusis.

Prothorax transversus, quasi hexagonalis; angulis anticis fortiter oblique truncatis; margine posteriore concavo; sulco transverso profundo, in quarto posteriore posito, nec margines laterales attingente. Meso-et metanotum ad scapulas seu lobos laterales leviter viridi suffusis.

Abdomen unicolor, pilis brevibus flavis.

Pedes pilis flavis, brevibus, tibiis parum compressis, linea impressa longitudinali dotatis.

Alæ reticulatione flava, pilis fimbriisque flavis; venulis costalibus ad subcostam, radialibus ad radium nigratis; stigmate longo.

Ala anterior (fig. 6) apice subacuta; venulis radialibus et ramis sectoris radii ad sectorem nigratis; venulis gradatis fere $^{10}/_{10}$; duabus primis intermediis, procubitalibus et cubitalibus totis, sectore radii initio, nigris.

Ala posterior apice elliptico; venulis gradatis fere $^{9}/_{10}$, flavis, vel internis partim nigratis.

Long. corp. ♀.....	10,7 mm.
— al. ant.....	17,2 —
— — post.....	15,5 —

Patria. República Argentina: Entre Ríos, S. C. Reed. (Mus. de La Plata).

Familia MANTÍSPIDOS

38. *Symphrasis varia* Walk. Sin localidad. Es frecuente en la República Argentina.

Zaragoza, 23 de diciembre de 1918.

Nota preliminar acerca de silicatos naturales españoles

por

L. Fernández Navarro

SUMARIO: Predominio de los silicatos en la corteza terrestre.—Abundancia probable de silicatos en territorio español; necesidad de las exploraciones. —Valor industrial de los silicatos.—Atraso en que se encuentra el estudio de los silicatos españoles.—Localidades españolas, nuevas o poco conocidas, de silicatos.

La corteza sólida del planeta, sólo en pequeña parte accesible a nuestras investigaciones directas, se considera hoy como una especie de espuma o escoria solidificada en la superficie de un baño de fusión. La proporción siguiente, en que entran a formar la corteza terrestre los principales elementos, justifica plenamente esta manera de ver:

Oxígeno	47,1	por 100 en peso.
Silicio	27,9	—
Aluminio	8,1	—
Hierro	4,7	—
Calcio	3,5	—
Sodio	2,7	—
Magnesio	2,6	—
Potasio	2,4	—
TOTAL	99	—

Los demás cuerpos simples entran en proporciones ya mucho menores, puesto que el titano, que sigue en importancia, sólo forma un 0,3 por 100. Los metales de los filones propiamente dichos (cinc, plata, oro, mercurio, plomo y bismuto), no constituyen arriba de $\frac{1}{100.000}$ de la corteza, aunque las concentraciones accidentales que explotamos nos pudieran llevar a pensar en una mayor importancia.

De los metales propiamente dichos, sólo el hierro y el aluminio entran en cantidad considerable; pero principalmente bajo la forma de silicatos, elementos melanocratos y leucocratos de las rocas para el aluminio, ele-

mentos sólo melanocratos para el hierro. La proporción de sus compuestos metalúrgicos, los óxidos, es mínima.

En suma: la corteza terrestre puede considerarse como un silicato de alúmina, hierro, cal, magnesia y álcalis, con solo un 1 por 100 de materias extrañas.

Aun, si tenemos en cuenta únicamente los tres primeros elementos, vemos que forman por sí solos el 83,1 por 100 de la corteza terrestre, que sería, por lo tanto, sobre todo, silicato de alúmina.

Los silicatos de alúmina naturales mejor conocidos (andalucita, silimanita, distena) son de la fórmula empírica $Al^2 Si O^5$, que, al menos para os dos primeros, puede muy verosímilmente traducirse por la fórmula de constitución de un ortosilicato básico, tal como la siguiente:

$$\begin{array}{ccc} & O & \\ Si < & O & > Al \\ & O & \\ & O - [Al . O] & \end{array}$$

al que corresponde la composición centesimal aproximada:

Al	34
Si	17
O	49

Si, dada la cantidad de aluminio existente en la corteza (8,1), tomamos las cantidades de silicio (4) y oxígeno (11,7) necesarias para formar el silicato de la andalucita, tendríamos que el silicato aluminoso de la corteza formaba el 23,8 por 100 del peso total de la misma, quedando 35,4 de oxígeno y 23,9 de silicio para combinarse entre sí y con los demás elementos.

Se comprende fácilmente, por lo que llevamos expuesto, que si consideramos una porción algo extensa de la superficie terrestre, los silicatos deben predominar sobre todos los otros compuestos inorgánicos. Y esto no sólo en cantidad absoluta, sino en el número de especies, pues la gran variedad de ácidos silícicos posibles, unidos a los diversos metales, han de dar lugar a numerosísimas combinaciones.

***

Desde muy antiguo se viene afirmando que España es una comarca rica en minerales; pero sólo refiriéndose a los metálicos y al grupo de las sales solubles. En cuanto a los minerales lapídeos, y más especialmente al grupo de los silicatos, la opinión dominante es la de que son relativamente escasos en nuestro país.

La publicación del primer catálogo científico de los minerales españo-

les por el profesor Calderón, permite hoy analizar con conocimiento de causa estas afirmaciones (1).

Comprueba este libro la supuesta riqueza de nuestro suelo en metales y sales nativas; pero no parece confirmar, en mi opinión, la relativa pobreza en silicatos. Veamos más concretamente lo que a éstos se refiere, ya que sólo de ellos nos hemos de ocupar en la presente nota.

Cerca de un millar de nombres señala Groth en su *Tableau de minéraux,* dentro de la clase «silicatos». En una gran parte corresponden a sustancias poco conocidas, sinónimos, variedades, productos de alteración, etc. Las especies que pueden admitirse como bien conocidas y determinadas no pasan, según dicho autor, de unas 200. De éstas cita Calderón en su libro mencionado unas 90.

Desde luego, casi la mitad de las especies bien establecidas, no serían poco para una extensión de la corteza terrestre como la que representa el territorio español. Pero además, este número no representa, regularmente, sino una parte de la riqueza en silicatos de nuestro suelo, que sólo ha sido algo explorado desde un punto de vista utilitario. Ahora mismo, la fiebre minera que se ha desarrollado no se dirige más que a la busca de menas útiles, especialmente metálicas.

Los silicatos, sin brillo aparente ni densidad considerable, elementos microscópicos de las rocas casi siempre, pasan desapercibidos para el minero. El poco gusto que hay entre nosotros por las colecciones mineralógicas ciega una fuente de conocimiento de silicatos que en otros países ayuda al enriquecimiento de las respectivas geas. Téngase en cuenta, por último, la dificultad que muchas veces ofrece especificar los silicatos, para lo cual no bastan las investigaciones químicas—ya de por sí difíciles en este grupo—sino que hay que recurrir al examen de las propiedades ópticas. Así, en la mayoría de los casos estos minerales están señalados entre nosotros con nombres genéricos: feldespato, mica, granate, clorita, etcétera, o las determinaciones no merecen confianza.

Si exceptuamos la sílice con sus variedades y un corto número de minerales de otros grupos, como óxidos (rutilo, corindon, oligisto, ilmenita, magnetita, limonita), sulfuros (pirita, pirrotita), carbonatos (calcita, dolomita, aragonito), sulfatos (anhidrita, yeso) y fosfatos (apatito), todos los minerales petrográficos pertenecen a la clase de los silicatos. Lo primero que habría, pues, que hacer, para tener un catálogo completo de estos

---

(1) Véase: Calderón (Salvador). *Los Minerales de España*, Publicaciones de la Junta para ampliación de estudios e investigaciones científicas. Madrid, 1910.

minerales, sería revisar la constitución de las rocas españolas. La tarea no es breve ni fácil, por lo dispersas que las descripciones petrográficas se encuentran y por el diferente crédito que sus determinaciones pueden merecer. Pero fuerza será emprender esta labor si se quiere que el conocimiento de los silicatos de España sea completo.

Después han de llevarse a cabo exploraciones sistemáticas por personas competentes, cosa que hasta ahora no se ha realizado entre nosotros. La superioridad de ciertos yacimientos extranjeros, Tirol, Bannato, Monte Somma, etc., no depende probablemente sino de la minuciosidad con que han sido escudriñados hasta en sus más escondidos rincones. Entre nosotros los hallazgos son casi siempre un poco casuales. De lo que puede dar de sí el estudio sistemático de una región, nos da idea el partido sacado por el profesor Lacroix con el de las formaciones eruptivas y los terrenos antiguos del Pirineo francés para la Comisión de la carta geológica de su país, llevado luego a su excelente *Minéralogie de la France.*

Los yacimientos que deben hacerse objeto de preferente atención serán, en primer término, las zonas metamórficas, los apuntamientos de rocas plutónicas y eruptivas, tanto ácidas como básicas, los contactos de las rocas en masa con las estratificadas, los de las calizas con las rocas silicatadas (gneis, pizarras, cuarcitas), etc.

También los yacimientos detríticos, sobre todo si proceden de la destrucción de rocas no estratificadas, pueden ser apropiados para el hallazgo de silicatos, fácilmente separables por procedimientos mecánicos, sobre todo por el empleo de líquidos densos. En Canarias hemos encontrado con frecuencia arenas formadas por una mezcla de peridoto, augita, sanidino, plagioclasas y magnetita, en que estos minerales se encontraban a veces en cristales perfectos. La concentración en semejantes yacimientos detríticos se hace algunas veces por el peso de los minerales—placeres auríferos, por ejemplo—; pero con frecuencia es debido a la dureza e inalterabilidad, en cuyo caso se pueden reunir de preferencia silicatos (arenas gemíferas).

Otros lugares en que suelen hallarse con frecuencia silicatos interesantes, son aquellos que en anteriores épocas fueron asiento de fenómenos hidrotermales, y, sobre todo, geiserianos. Esto para España no ofrece gran importancia, pues no parece que aquí el geiserismo haya tenido nunca gran desarrollo.

En cambio las zonas metamórficas son numerosas y extensas. A ellas pertenece una buena parte del arcaico de Galicia, apenas conocido, así como el de Sierra Nevada, excelente campo de investigación, pues allí se realizaron fenómenos de emanación, que han actuado sobre rocas comple-

jas. Lo mismo que decimos de Sierra Nevada, puede afirmarse del arcaico de las provincias de Almería y Murcia. No faltan, por último, en las Sierras centrales, zonas de esta naturaleza, sin duda muy interesantes, como la región de Montejo, Horcajuelo, Prádena, El Cardoso, Bocígano, etc., en los confines septentrionales de las provincias de Madrid y Guadalajara. Lo que se sabe de esta comarca, casi inexplorada por su difícil acceso, permite ver en ella un Tirol español.

Las zonas de contacto catalanas (Tibidabo, Montseny, Martorell), algunas de Toledo (Layos, Montalbán), y, en general, todas aquellas en que materiales antiguos han sufrido grandes acciones tectónicas, serán probablemente fecundas si se las explora con cuidado.

Los yacimientos de rocas plutónicas básicas (dunitas, piroxenitas, dioritas, etc.), que tanto abundan en España, están ligados, sobre todo, con las concentraciones de ciertos metales (cromo, níquel, platino, cobalto, cobre, etc.). Pero también tienen interés por sus silicatos propios, siendo en este sentido muy dignas de estudio. De ello son buen ejemplo en nuestro país el barranco de San Juan en Sierra Nevada y toda la Serranía de Ronda.

Las rocas plutónicas ácidas (granitos, granulitas, etc.), ligadas también con frecuencia a concentraciones metálicas (estaño, antimonio, cobre, etcétera), son de composición mineralógica más monótona; pero no dejan de tener interés por sí mismas o por los diques y venas de microgranitos, pegmatitas, porfiritas, microdioritas, etc., que con frecuencia las atraviesan.

Los filones cuarzosos auríferos, que no faltan en nuestro país, están casi siempre ligados a la producción de rocas verdes o propilitas (propilitización), origen de anfiboles secundarios, minerales del grupo clorítico, etcétera. En la proximidad de los filones metalíferos, regiones siempre fracturadas y de grado geotérmico débil, aptas, por lo tanto, para la circulación hidrotermal, son frecuentes los procesos de alteración (caolinización, sericitización, etc.), origen de numerosos silicatos.

En cuanto a las rocas volcánicas españolas, tienen en su mayoría carácter básico, sobre todo basaltos (Olot, La Mancha, Larazo, Nuévalos, Cofrentes, Picasent, Beteta, Canencia, Acedo), que son las de composición menos variada. No faltan, sin embargo, yacimientos andesíticos (Cartagena, Mar Menor, Vera, Jumilla, Cabo de Gata), del mayor interés.

En algunas comarcas españolas está muy desarrollado el fenómeno ofítico, origen de variados silicatos; tal ocurre en la zona cantábrica, en los Pirineos, en las regiones epigénicas de Andalucía y Levante, etc. La verdadera ofita de Palassou era una roca triásica, de carácter más bien bá-

sico, compuesta de piroxeno (dialaga) y feldespato (oligoclasa, labrador). Hoy el término ofita indica más bien una estructura, dentro de la cual caben rocas muy diversas (dioritas, diabasas, lherzolitas, melafiros y aun basaltos y andesitas). Se ha visto, además, que el fenómeno ofítico no es privativo de una época, sino perfectamente continuo, desde el carbonífero hasta el plioceno. En cuanto a las ofitas españolas, las del Pirineo son triásicas y eocenas; las de la región cantábrica, cretácicas, y las de Andalucía y Levante, van del trías al mioceno. Son muchos los silicatos reconocidos en la ofita, en sus productos de alteración y en las aureolas metamórficas que ordinariamente acompañan a sus yacimientos.

Toda esta serie de rocas en masa, en cuyo contacto hemos de buscar los silicatos, son la consecuencia de los movimientos de que nuestro suelo ha sido teatro, desde el paleozóico hasta la era actual.

La meseta, acaso de origen huroniano, fué afectada intensamente por los pliegues hercinianos. Más tarde, en el terciario, los movimientos alpinos que dieron lugar a la formación de las grandes cadenas exteriores, no pudieron menos de repercutir sobre la meseta, aunque principalmente actuaron sobre las regiones bética y pirenaica.

Concomitantes con los depósitos del Culm, o algo posteriores a ellos, son una serie de apuntamientos de pórfidos y de rocas básicas. Del fin del eoceno al plioceno se han producido grandes emisiones de rocas eruptivas (Cabo de Gata), y probablemente ya en el cuaternario surgieron las últimas erupciones basálticas (La Mancha, Olot). Los movimientos de edad posterior al mioceno, que cada vez en mayor número se van comprobando, pueden explicar la existencia en la meseta de fracturas limitadas y con ellas la emisión de ciertos pequeños apuntamientos de basaltos y limburgitas (Cofrentes, Canencia, Nuévalos, Acedo, Larazo).

***

Aunque en el grupo mineralógico de que nos ocupamos, el interés científico sea el predominante, sería un error el creer que entre estos minerales no los hay de positivo valor como materiales de aplicación.

Pocas son las menas metálicas silicatadas; pero entre ellas tienen gran importancia la chamoisita como mineral de hierro, la verdadera calamina para el cinc y los diversos silicatos de níquel y magnesia o de níquel sólo (garnierita, pimelita, gentita, etc.) para este metal. Actualmente, agotados casi en absoluto los yacimientos de sulfuros y arseniuros niquelíferos

de todo el mundo, la mayor parte del níquel del comercio proviene de las garnieritas de Nueva Zelanda.

En este grupo de sustancias ofrece un gran interés, tanto teórico como práctico, el silicato de hierro plumbífero del manto de los Azules en nuestra Sierra de Cartagena, que contiene empastados muchos sulfuros de plata y de plomo. Está poco estudiado todavía; pero, según Massart, no es una roca accidental, sino una especie mineral bien definida.

Las piedras preciosas pertenecen, en su mayoría, a la clase de los silicatos, siendo de notar que cada día se tallan nuevas piedras; y que son muy apreciadas algunas que antes no se aplicaban a este uso, como la kunzita, la euclasa, la fenacita, ciertas turmalinas y aun feldespatos, etc.

Cada grupo de rocas tiene sus silicatos preciosos propios, que no han de buscarse más que en ellas o en las arenas procedentes de su trituración. Las granulitas son de todas las rocas las más fecundas en este sentido. A ellas y a los diques pegmatíticos que frecuentemente las atraviesan, pertenecen las turmalinas, topacios, esmeraldas y aguamarinas, la tan estimada alexandrita, la fenacita, la euclasa y otras.

En las rocas eruptivas básicas se encuentran el peridoto o crisolita, hoy de poco uso, y la benitoíta, linda piedra, de un azul semejante al del zafiro que pasa a violado para ciertas incidencias de luz.

En las calizas cristalinas se encuentran, sobre todo, los granates (almandino, espesartino, piropo), y, aunque con menos frecuencia, pueden hallarse también algunos silicatos del grupo de los fluoríferos (topacio, turmalina).

En los gneis y pizarras cristalinas es muy frecuente la cordierita con sus variedades el zafiro de agua y la iolita. También son estas rocas frecuentemente granatíferas y turmaliníferas.

El zircón, elemento microscópico de muchas rocas ácidas y básicas, se encuentra, sobre todo, en un grupo de sienitas, a que por esta circunstancia se denomina circonianas.

Además de las piedras preciosas propiamente dichas, hay otro grupo de piedras semifinas o de adorno, que en conjunto acaso tienen más valor que aquéllas. Tales son, entre los silicatos, la serpentina, la rodonita, el lapislázuli, la labradorita, las llamadas piedra de sol (variedad de oligoclasa) y piedra de luna (variedad de adularia), las crocidolitas, la piedra de las amazonas, los jades y nefritas, etc. En España tenemos acaso los mayores yacimientos de serpentina del mundo, y de su valor industria nos ofrecen muestra el templo de las Salesas Reales en Madrid y la iglesia del Monasterio de El Escorial, cuyas serpentinas, que llaman la atención por su belleza y abundancia, proceden todas del barranco de San Juan, de Sierra Nevada.

Hay, por último, materiales lapídeos industriales, algunos de gran importancia, pertenecientes al grupo de los silicatos. Enumeraremos los principales.

Silicatos duros que no ofrezcan belleza bastante para emplearse en joyería pueden tener positivo valor como abrasivos si se encuentran en gran cantidad. El año 1910 se exportaron con este objeto para los Estados Unidos más de 700 toneladas de granate almandino de Nijar (Almería). La misma industria podría establecerse en la región de El Cardoso, especialmente en Bocígano, si la actual dificultad de comunicaciones no sobrecargara el coste de estos materiales en una proporción insoportable.

Bien conocida es la aplicación del feldespato y el caolín a la fabricación de la porcelana, de las arcillas finas a la de cementos y de las ordinarias en la alfarería. En 1914, según la estadística oficial, se han producido en la provincia de Burgos 120 toneladas de caolín, y en la de Valencia 4.750, con un valor total súperior a 23.000 pesetas. Estos datos son, sin duda, muy deficientes, pues todos conocemos centros de producción de caolín, alguno tan importante como el de San Martín de Moltalbán, en la provincia de Toledo, que no figuran, sin embargo, como productores.

Las micas son otros silicatos de gran interés industrial, especialmente la moscovita y la lepidolita. Esta última puede constituir mena del litio, y la primera tiene una aplicación creciente de día en día como sustancia aisladora, incombustible, transparente y elástica. Los buenos yacimientos de moscovita se encuentran casi siempre en las granulitas o en los cuarzos asociados a ellas. Los principales países productores son la India, el Canadá y los Estados Unidos, pasando de ocho millones de francos el valor de la mica consumida en el año 1910 por las industrias eléctricas. Antes sólo tenían aplicación las grandes láminas, pero hoy se la aglomera después de pulverizada y se moldea en hojas llamadas de «micanita», que pueden sustituir a las de mica natural en su aplicación como aisladora para los altos voltajes. Esto da valor a ciertos yacimientos que antes no le tenían. En nuestro país, donde este mineral se encuentra tan abundante, no figura, sin embargo, en las estadísticas de minería.

Conocidas son también las numerosas aplicaciones que a los asbestos dan su incombustibilidad, su resistencia a los ácidos, su poder aislador, etcétera. Se acerca a 90.000 toneladas, con un valor de 18 millones de pesetas, la producción anual de amianto en el mundo durante los años anteriores a la guerra. En España, según la estadística de 1914, sólo había una provincia productora, Lérida, con 107 toneladas. Debe advertirse que en nuestro país no son raros los asbestos de serpentina (crisotilo), que son los más apreciados.

También la esteatita es objeto de explotación, figurando en nuestra estadística de 1914 las provincias de Gerona y Málaga; la primera con 4.530 toneladas, y la segunda sólo con 82, valiendo entre todo 36.648 pesetas.

En algunos países tienen también importancia industrial las tierras raras silicatadas (cerita, allanita, ortita, gadolinita, etc.), que acaso existan en ciertas comarcas españolas.

***

El estudio de los silicatos españoles está apenas esbozado, y ofrece sin duda al explorador un fecundo campo, en el que las especies o variedades nuevas para nuestro gea, y aun para la ciencia, surgirán numerosas. El libro citado de Calderón es la prueba más palpable de lo que decimos; pues en él se ve cómo los minerales de este grupo están sin especificar, y la mayoría de las citas se hacen con los nombres genéricos de clorita, mica, granate, feldespato, etc.

Los trabajos de los mineralogistas anteriores a la época de Ben Saude y Latino Coelho en Portugal, y de Macpherson, Quiroga y Calderón en España, son pobres en noticias sobre silicatos. La razón está en que estos minerales eran entonces poco conocidos, y los métodos modernos de su estudio (examen óptico, ensayos microquímicos, reacciones coloreadas, etcétera), no se habían introducido entre nosotros.

Modernamente se han hecho algunos trabajos en este sentido, muy estimables en general, pero fragmentarios y poco numerosos.

Entre ellos pueden citarse, entre otros menos importantes, los siguientes:

— De Macpherson: *Breves apuntes acerca del origen peridótico de la serpentina de la serranía de Ronda.* «Anales de la Soc. Esp. de Hist. Nat.», t. IV.

— De Calderón: *Los silicatos de la Península ibérica.* «Annaes de Sciencias Naturaes», t. IV (1897); *Las plagioclasas españolas.* «Actas de la Soc. esp. de Hist. Nat.», t. XXV.

— De Calderón y Chaves: *Contribuciones al estudio de la glauconita.* «Anales de la Soc. esp. de Hist. Nat.», t. XXIII.

— De Quiroga: *Sobre la existencia de la humita en algunas calizas arcaicas de la Sierra de Guadarrama.* «Actas de la Soc. esp. de Hist. Nat.», t. XXII.

— De Moles Ormella: *Análisis de algunas micas españolas.* «Bol. de la R. Soc. esp. de Hist. Nat.», t. VI.

— De Llorens (Tomás) *Minerals de Catalunya.*

Hay además muchos trabajos, más bien petrográficos, como la mayoría de los de Macpherson, y *Las calizas cristalinas del Guadarrama*, de Carandell (1), que contiene muchos datos sobre silicatos.

En las publicaciones del Instituto Geológico y de su antecesora la Comisión del Mapa Geológico de España, se encuentran desperdigadas numerosas noticias.

Otro tanto puede decirse de las publicaciones de la Real Sociedad española de Historia Natural, llenas de relatos de excursiones, estudios petrográficos y notas mineralógicas diversas, en que muchos autores, especialmente los arriba citados, y algunos otros, como Areitio y Vilanova entre los antiguos, Chaves y Hernández-Pacheco entre los modernos, señalan la existencia de muchos silicatos en localidades españolas.

Casi todos estos datos dispersos han sido catalogados con excelente espíritu crítico en *Los minerales de España*, por lo cual sería ocioso repetir aquí la lista de las localidades señaladas en dicho trabajo. Nosotros vamos a fijarnos más bien en las condiciones de yacimiento en que se encuentran o pueden encontrarse los silicatos españoles, con la mira de facilitar las futuras exploraciones que han de enriquecer el catálogo. Además citaremos algunos datos que hemos podido reunir y que no figuran en el libro de Calderón.

Seguiremos a éste en el orden de enumeración de las especies y en el concepto de las mismas.

***

Estaurótida—Este mineral forma con otros cuantos silicatos anhidros de alúmina o de alúmina y hierro—andalucita, quiastolita, silimanita, fibrolita, dumortierita, safirina, distena—un grupo muy natural que puede llamarse de los silicatos de metamorfismo. Lo que digamos de uno, se puede repetir de los demás.

La safirina y la dumortierita no se conocen en España, aunque es casi seguro que se encuentren si se las busca con cuidado, la primera en las granulitas que atraviesan los gneis y pizarras cristalinas del NW, la se-

(1) Publicaciones del Museo Nacional de Ciencias. Serie geológica, número 8.

gunda en estos mismos gneis y pizarras, sobre todo en los anfibólicos, que por cierto no faltan en las zonas arcaicas central y meridional.

Las pizarras de estaurolita son muy frecuentes en nuestro país, sobre todo en la región metamórfica de El Cardoso, donde van acompañadas de granate, anfibol, fibrolita, andalucita, distena, micas (moscovita, lepidolita, sericita, damourita, etc.), anfiboles, etc. También abundan en el arcaico superior de León, Asturias y Galicia y en las pizarras cristalinas de Sierra Nevada. En todas estas regiones, las pizarras que las contienen son consideradas como pertenecientes al terreno estrato-cristalino superior. Deben buscarse entre los materiales cámbricos, y aun sería posible que el estudio detallado de las localidades conocidas revelara que no se trata de materiales tan antiguos como hasta ahora se les supone. En todo caso es interesante buscar la relación que pueda haber entre la producción de estos silicatos metamórficos y los filones que las rocas en masa, especialmente granulitas, suelen emitir a través de los terrenos en que se encuentran.

Andalucita.—Este mineral, de yacimientos análogos a los del anterior, se encuentra, según A. Lacroix *(Minéralogie de la France)*, en el pico de Montludo (*) (Valle de Aran), en gruesos cristales rosados. El Museum de París tiene un gran ejemplar de andalucita sobre la andesita de Mazarrón (*) (Murcia). Las pizarras maclíferas son muy frecuentes en el cámbrico superior, pudiéndose citar como ejemplo la Sierra Tejeda (*) en la provicia de Málaga (1).

Silimanita.—Este silicato, en su variedad fibrolita, es con la turmalina el mineral más frecuente en los gneis y pizarras cristalinas del arcaico español. Después de la región de El Cardoso, La Iruela (*), etc., donde más abunda es en la serie de alturas que rodean al Valle del Lozoya, especialmente en el Portachuelo de Canencia (*), Puertos de la Morcuera (*) y Navafría (*), Lozoya (*), Gargantilla (*), etc.

Seguramente se la encontrará también bajo la forma de elemento microscópico en las granulitas.

Debe por último ser buscada como inclusión, bajo la forma de tenues agujas, en los gneis de cordierita que tanto abundan en los terrenos estrato-cristalinos de la cordillera central y de Andalucía.

Distena.—Deben estudiarse para buscar este mineral, además de las pizarras metamórficas, las leptinitas, materiales que, aunque no muy abundantes, no dejan de encontrarse en nuestros terrenos antiguos.

---

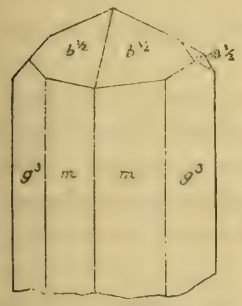
(1) Las localidades acompañadas de asterisco (*), son las no incluídas en el tantas veces citado libro de Calderón.

Según don Antonio de Linera, la hay en Alhaurin (*), provincia de Málaga. Nosotros la hemos hallado en término de El Berrueco (*) (Madrid.)

Calamina.—El llamar los mineros calaminas a todos los minerales oxigenados de cinc y aun a la misma blenda, explica la confusión que reina respecto a localidades de este mineral, que además no tiene tampoco un aspecto característico por el cual se le pudiera reconocer a primera vista. Es posible que sean equivocadas algunas de las citas hechas y que exista, por el contrario, en localidades en que no ha sido mencionado. Convendría hacer una revisión de las citas, comprobando químicamente en cada caso si en efecto se trata de este silicato.

El Museo de Madrid la posee procedente de la Sierra de Cázula (*), de la mina «San Blas», en Lentejo (*), y de las minas «San Juan de Dios» y «Nuestra Señora de las Angustias», en Almuñecar (*), localidades todas de la provincia de Granada. De la misma provincia es la dehesa «El Romeral», término de Baza (*), en donde la hémos recogido nosotros.

Topacio.—Este mineral es propio sobre todo de los filones de estaño en las granulitas, por lo cual casi seguramente existirá en la región estannífera del NW, donde, sin embargo, no ha sido citado.



Topacio de Roumiga, según A. Lacroix

Carandell (Op. cit.), le menciona con duda en cristales finísimos de color verde claro en las calizas cristalinas de la Antanilla, término de Santa María de la Alameda (*), provincia de Madrid. De confirmarse la cita, sería una forma interesante de yacimiento.

El profesor Lacroix (op. cit.) le menciona en los siguientes términos: «He encontrado sobre un cristal de fluorina blanca de Roumiga cristales incoloros de topacio (2 mm.) notables por su limpidez; presentan las formas m, g^2, $b^{\frac{1}{2}}$, $e^{\frac{1}{2}}$ (figura). La pradera de Rumiga pertenece al término de Sallent (Huesca), sobre el camino de Gabás a Panticosa, a unos 200-300 metros de la frontera, según Descloizeaux. La precisión de la cita y la figura que la acompaña la hacen en mi opinión digna de crédito.

Turmalina.—Ya hemos dicho anteriormente que este mineral, con la fibrolita, es abundantísimo en las sierras centrales. Aunque se citan variedades coloreadas, la que se encuentra casi constantemente es la negra (chorlo negro de los antiguos mineralogistas). Estas turmalinas, en lámina delgada, son sin embargo azules, amarillentas o zonares, con aureolas po-

licroicas muy patentes (1). Los yacimientos posibles en rocas clásticas, en pizarras paleozoicas donde frecuentemente es elemento microscópico y aun en calizas no metamórficas, están por explorar. Tampoco están buscadas las frecuentes pseudomorfosis de feldespatos y otros silicatos en turmalina.

El profesor Lacroix (op. cit.) la menciona en el valle de Arán, en la vertiente Sur del Maladeta y en la sierra de Montarto (*) (Cataluña).

En la caliza de la Antanilla (Santa María de la Alameda) (*) existen, según Carandell, cristales con las formas $(10\bar{1}0)$, $(11\bar{2}0)$, $(10\bar{1}1)$ y $(11\bar{2}1)$. En las mismas condiciones se halla en Villa del Prado (*) (Madrid). Es muy abundante en el Valle del Lozoya, sobre todo en la cumbre del Nevero, Puerto de Navafría, Hoyos de Pinilla, Portachuelo de Canencia, etcétera, donde forma con frecuencia masas compactas muy extensas de hasta un centímetro de espesor, en las superficies de resbalamiento de los gneis. También son muy frecuentes en el mismo valle unos microgranitos de turmalina en que este mineral substituye totalmente a la mica.

Cristales negros aplastados, metidos entre láminas de moscovita, son frecuentes en Fuentenebro (*) (Burgos), en donde también se encuentra con ortosa.

En el museo de la Universidad de Sevilla la hay sobre micacita, procedente de Almadén de la Plata (*) (Sevilla).

Humitas.—Este grupo de silicatos es tan característico de los cipolinos y calizas metamórficas, que se puede esperar su hallazgo en todas las localidades de calizas cristalinas, que son muy frecuentes en España. También debe buscárselas en las dolomitas metamorfizadas por rocas volcánicas y aun en filones metalíferos de origen hidrotermal encajados en dolomías y calizas magnesianas.

Carandell (op. cit.) ha mencionado estos silicatos de varias localidades de calizas cristalinas del Guadarrama, algunas no señaladas por Quiroga en el estudio a que antes hicimos referencia, ni tampoco en el libro de Calderón; tales son Peñalara (*) y Santa María de la Alameda (*).

La *condrodita* seguramente se encontrará en las calizas cristalinas de los Pirineos de Gerona, a juzgar por la siguiente nota de Lacroix (op. cit.): «Se encuentra en los cipolinos de Nôtre Dame de Salinas, sobre la frontera de España. Está concentrada en los bordes de lechos constituídos por diopsido y tremolita incoloros.»

---

(1) Véase nuestra *Monografía geológica del valle del Lozoya*. «Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales.» Serie geológica, núm. 12, p. 71 y lámina XII.

Idocrasa.—Es notable la relativa escasez de citas de este mineral como de los del grupo de la epidota (piemontita, ortita, zoisita) que, sin embargo, deben ser frecuentes en las rocas feldespáticas y anfibólicas de los terrenos estrato-cristalinos de España.

En cuanto a la idocrasa, casi todas las localidades mencionadas pertenecen al contacto de calizas con materiales estrato-cristalinos, no habiendo sido debidamente buscada en los gneis ni en las pizarras metamórficas de terrenos más modernos.

Nosotros hemos hallado un pequeño filón de idocrasa bacilar en el camino que va de la carretera de Rascafría a Garganta de los Montes (*) (Madrid), muy cerca ya de este pueblo. Carandell la cita, entre otras localidades, de Robledo de Chavela (*), Santa María de la Alameda (*), Peñalara (*) y Collado de la Felecha (*) (Rascafría), todas en calizas cristalinas. En Santa María de la Alameda sólo se encuentra microscópica, pero en las otras localidades forma vetas, placas y asociaciones drusiformes, a veces de gran tamaño y con cristales bastante perfectos, que aun no han sido estudiados. Suele ser verdosa, habiéndola también rojiza acaramelada referible a la variedad egerana.

Olivino.—Del numeroso grupo de silicatos afines al peridoto (forsterita, monticellita, hialosiderita, titanolivino, fayalita, tefroita, knebelita, etcétera) sólo están citados el último y la especie tipo. Para ésta, las localidades mencionadas lo son casi todas en el basalto. Las rocas antiguas de olivino (gabros, peridotitas, dunitas, noritas, ciertas diabasas, melafiros, etcétera) no están estudiadas apenas, salvo las de la serranía de Ronda, que fueron objeto de importantes trabajos de Macpherson, y de las cuales ha vuelto a ocuparse recientemente con gran detalle el ingeniero don Domingo de Orueta (1).

A las localidades citadas por Calderón para el olivino podemos agregar Puerto de Canencia (*) (Madrid), donde hemos señalado un curioso apuntamiento de basalto nefelínico, Cofrentes (*) (Valencia) y Acedo (Navarra) (2). La región española más interesante para el estudio de este mineral es sin duda el archipiélago canario, cuyas erupciones modernas son todas de tipo basáltico. Nosotros hemos mencionado numerosas localidades

---

(1) Véase sobre todo la obra citada de Macpherson y la de Domingo de Orueta. *Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda.* Memorias del Instituto Geológico. Madrid, 1917.

(2) Véanse: L. Fernández Navarro y G. Sabater. *Excursión al volcán de Cofrentes (Valencia).* Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat., t. XIV, y Pedro Palacios, *Un afloramiento de basalto en el cretáceo de Navarra.* Bol. del Instituto Geológico, t. XXXVII (1916), p. 277.

en Tenerife, Hierro, Gomera y La Palma, estudiando algunos curiosos procesos de alteración (bowalangitización) (1).

Granates.—Este grupo de silicatos, de estudio tan interesante, es de los que están más sin especificar entre nosotros; las citas son numerosas, porque se trata de minerales muy abundantes en nuestro país; pero casi siempre con la denominación imprecisa de granate, y aun a veces con las erróneas de jacinto y rubí. Agregaremos algunas localidades a las mencionadas por Calderón.

En la colección de la Escuela de Minas de París existe un ejemplar de *ouwarowita* en masa, verde, sin cristales individualizados, procedente de la montaña de Eristé (*), en Aragón (Pirineos), regalado a dicha escuela por M. Frossard. Según A. Lacroix, existe *grosularia* asociada a idocrasa en el pico de Forcanade (*), también en los Pirineos de Aragón. Carandell cita granates en las calizas cristalinas de Montes Claros (*), Robledo de Chavela (*), Santa María de la Alameda (*), Collado de la Felecha (*) (¿melanito?), etc. Nosotros hemos cogido un hermoso cristal trapezoédrico (de *almandino)* entre Miraflores y Guadalix (*), otros peores en un gneis entre El Molar y El Vellón (*) y otros rombododecaédricos en Colmenar Viejo, todos en la provincia de Madrid. El gneis de Argés (*) (Toledo) está lleno de granate *almandino* que semeja salpicaduras de sangre. Quiroga cita un gran filón de *almandino* en masa de la cuesta del Labrado (*), cerca de Riaza (Segovia).

Crisocola.—De esta especie, poco determinada, posee la Universidad de Sevilla un ejemplar en arenisca, procedente de la mina «Rica», de La Nava de San Juan (*) (Jaén). Como producto que es de minerales de cobre, no tendrá nada de particular que se la encuentre en otras localidades cupríferas españolas.

Axinita.—Este mineral debe ser en España más abundante de lo que se cree, en las regiones en que erupciones granulíticas han atravesado las pizarras cristalinas, sobre todo anfibólicas. A esta clase de yacimientos se refieren todas las citas conocidas, y en análogas condiciones la hemos encontrado nosotros, en menudos cristales, en el cerro de Piñuecar (*), cerca de Buitrago (Madrid).

Micas.—Podemos repetir acerca de este grupo de minerales lo dicho acerca de los granates; abundan en España, y, sin duda, estarán representadas casi todas las especies, pero falta un trabajo de determinación.

---

(1) Véase sobre todo nuestras *Observaciones geológicas en la isla de Gomera (Canarias)*, página 52 y lámina V. Publicaciones del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Serie geológica, núm. 23.

La *flogopita* es frecuente en las calizas cristalinas del Guadarrama (Robledo de Chavela) (*), El Escorial (*), Rascafría (*), y, sobre todo, Santa María de la Alameda (*). Ciertas micas que en el Puerto de Malagón (El Escorial) acompañan a la horblenda son acaso referibles a la *piroidesita*. La *rubelana* es frecuente en las andesitas españolas (cabo de Gata) (*), Alborán (*), Tres Forcas (*), y, sobre todo, Chafarinas (*). Deben citarse los grandes ejemplares de *moscovita* procedentes de la sierra Albarrama, Hornachuelos (*) (Córdoba), que existen en el museo de la Universidad de Sevilla.

Margarita.—Los minerales del grupo de las clintonitas, o micas frágiles, pueden muy bien haber pasado desapercibidos por su semejanza con las micas y las cloritas. No es por lo tanto extraña la falta de citas para estas especies.

Nosotros hemos encontrado la *margarita*, o clintonita cálcica, hasta ahora no citada de España, en masas palmeadas de color gris-rosado, en una mina de grafito de Layos (Toledo). En el microscopio es notable por la abundancia de granos de corindon que presenta bajo la forma de inclusión.

Ottrelita.—Las zonas superiores del terreno estrato-cristalino y las inferiores del paleozoico (cámbrico y silúrico) están frecuentemente constituídas en España por pizarras de ottrelita. El estudio micrográfico de estos minerales dará sin duda a conocer muchas nuevas localidades. Nosotros hemos visto muy abundante la ottrelita en las pizarras de La Puebla de la Mujer Muerta (*) (Madrid), bajo la forma de laminillas negras, brillantes, redondeadas. En la pizarra cámbrica del cerro de Layos (*) (Toledo) está en granos menudos alargados.

Lo que hemos dicho de las clintonitas podrá seguramente decirse de las cloritas, de que las citas en localidades españolas son muy poco numerosas y muy vagas.

Serpentinas.—Abundantísimos son en España los minerales de este grupo, resultado casi siempre de la evolución de rocas piroxénicas o peridóticas, producto otras veces de acciones metamórficas en el contacto de materiales silicatados con calizas más o menos magnesianas. La *antigorita* y el *crisotilo* con sus numerosas variedades se encuentran mezclados en los grandes yacimientos de origen evolutivo. En los metamórficos de contacto no suele encontrarse más que la primera especie. Los «cueros de montaña» de las localidades castellanas son láminas formadas por entrecruzamiento de fibras referibles al crisotilo y no de naturaleza anfibólica, como antes se suponía.

Carandell ha citado la serpentina (antigorita) en Montes Claros (*),

Casavieja (*), Santa María de la Alameda (*), Collado de la Felecha (*), Carro del Diablo (*) y otras localidades de calizas cristalinas. Un yacimiento curioso de cuero de montaña es Loranca de Tajuña (*) (Guadalara), donde parece que forma láminas de color blanco puro entre las grietas de los yesos miocenos.

Bowlingita.—Producto de alteración de los peridotos muy ferríferos, identificado a la *iddingsita* de Lawson. Esta rara especie, que no estaba citada de territorio español, es relativamente frecuente en los basaltos de Canarias, sobre todo en los de Hierro (*) y Gomera (*), de donde la hemos citado recientemente, estudiando el proceso de su formación (1).

Talco.—Abunda en España esta especie, y sobre todo su variedad esteatita, que ha sido explotada en muchas localidades. Últimamente la ha citado Orueta en la Sierra de la Alpujarra (*) (Málaga), donde es objeto de una explotación incipiente.

Saponita.—Ha sido encontrada por Ferrando en Tauste (*) (Zaragoza). En Melilla (*), y en algunos puntos de nuestro protectorado marroquí, la emplean los indígenas para el lavado de sus ropas.

Cordierita.—En la parte más elevada del arcaico medio español es muy frecuente un gneis de cordierita, en que este mineral forma nódulos de tamaño variable, que a veces alcanza al de una avellana. Se la tomaría, a primera vista por un cuarzo ligeramente azulado si no la distinguiera en seguida su brillo, algo craso, su crucero fácil y su mayor dureza. Es frecuente también en los terrenos paleozoicos metamorfizados por los granitos y granulitas. Se encuentra, por último, como producto metamórfico en rocas eruptivas modernas, perteneciendo a esta categoría el primer yacimiento en que fué conocida, que es el de Nijar, junto a Cabo de Gata (Almería).

También se la encuentra microscópica en algunas calizas cristalinas del Guadarrama (Villa del Prado) (*), según Carandell. Nosotros hemos señalado el gran desarrollo que alcanzan los gneis de cordierita en las regiones arcaicas de Hiendelaencina y de Somosierra. Recientemente han sido señalados estos gneis en Almonaster (*), Cortegana (*) y otros puntos de la provincia de Huelva.

En cuanto a minerales derivados de la cordierita, el más frecuente es la *pinita*, del que podemos mencionar, como yacimientos no señalados, una pegmatita del puerto de La Morcuera (*) (numerosos cristalillos cilíndricos), los gneis y cuarzos de Lozoya (*), pegmatitas de Robledo de Cha-

---

(1) Véanse nuestras *Observaciones geológicas en la isla de Gomera (Canarias)* antes citadas.

vela (*) y entre Miraflores y Guadalix (*), donde hemos recogido grandes cristales; localidades todas de la provincia de Madrid.

Piroxenos.—Del orden de los metasilicatos, son los piroxenos los más frecuentes en nuestro país, y también los que se presentan en más variadas circunstancias. Los menos conocidos son los del grupo rómbico.

Entre los monoclínicos el más frecuente es el *diopsido,* al cual se refieren la *salita* y probablemente también las *cocolitas* españolas, aunque algunas de éstas pudieran ser *hedenbergitas*. Están poco estudiados, debiendo por el momento limitarnos a señalar algunas nuevas localidades: Valdemorillo (*) y el Carro del Diablo (*) (Madrid), para la cocolita: algunas calizas cristalinas del Guadarrama (Montesclaros (*), Peñalara (*), Santa María de la Alameda (*) para la salita en grandes cristales empotrados.

La *dialaga* parece que forma filoncillos en las pizarras cristalinas de Vallvidrera (*) (Barcelona).

En cuanto a la *augita*, en ninguna parte del territorio español es tan frecuente como en Canarias, especialmente en Tenerife, donde abundan las localidades en que se encuentran cristales sueltos, muy perfectos y de considerable tamaño.

En los Chupaderos (*), cerca de La Laguna, se pueden recoger hasta del tamaño de un huevo de gallina. Muy buenos cristales, aunque no tan grandes, abundan en Pedro Gil (*), cerca de Izaña. También cita Carandell este silicato en la caliza de Villa del Prado (*).

La *acmita* o *egirina* es muy frecuente bajo la forma de fenocristales en las fonolitas de Gomera. (Véase nuestro trabajo citado.)

La *wollastonita* existe microscópica en las calizas de Villa del Prado (*).

En el museo de la Universidad de Sevilla existe *rodonita* procedente de la mina «Pancho», de Calañas (*) (Huelva).

Anfiboles.—Aunque acaso no tanto como los piroxenos, también los anfiboles son frecuentes en nuestras rocas, y lo aparecerán mucho más cuando los estudios petrográficos alcancen mayor desarrollo entre nosotros. Podemos agregar algunas localidades a las mencionadas por Calderón.

Tremolita.—En las calizas de Peñalara (*) y del collado de la Felecha (*), según Carandell. Radiada y compacta en Lomas Llanas (*), Sierra Tejeda (Málaga), según A. de Linera.

Horblenda.—Filoncillos en las pizarras cristalinas de Vallvidrera (*) (Barcelona), donde también se encuentran asbestos. Abunda en masas hojosas, de color negro, en las canteras de caliza del puerto de Malagón (*)

y de Santa María de la Alameda (*). Se encuentra en roca de color negro pardusco, negro verdoso y aun verde, en la cuesta de los Garabatos, en Casarabonela (*) (Málaga). También la hay de Cala (*) (Huelva), en la Universidad de Sevilla.

Barkevicita.—Este anfibol sodífero no está citado que sepamos de España, lo cual no es extraño, pues las rocas alcalinas no son frecuentes en nuestro país. Se encuentra en las essexitas, tefritas y nefelinitas de Vila do Bispo (*) (Algarve), según Pereira de Souza, y es muy verosímil que aparezca en los gneis de glaucofan y rocas análogas de Galicia.

Cataforita.—Es elemento microscópico de algunas fonolitas de Canarias (Gomera, Gran Canaria).

Berilo.—Este silicato, propio de las granulitas, de las pegmatitas y de las micacitas, se conoce en varias localidades españolas, y es probable se encuentre en otras muchas, sobre todo si se le busca entre los productos de caolinización de sus rocas madres.

Recientemente se ha señalado por el señor Sobrino un buen yacimiento en Campo d'Armida (*), San Vicente de Cerpozones (Pontevedra), donde se encuentran cristales muy perfectos de hasta 20 centímetros de arista.

Feldespatos.—De muy antiguo existían en el Museo de Madrid unos magníficos cristales de *ortosa*, formados por maclas sencillas y múltiples, según la ley de Baveno, procedentes de Bustarviejo, según las etiquetas. Pero las investigaciones infructuosas que varias veces se emprendieron para dar con su yacimiento, hicieron que se llegara a dudar de la veracidad del origen. No hace mucho que logramos dar con él. Está en la ladera W. del llamado valle de Bustarviejo y en término del pueblo de este nombre, aunque más cerca del de Miraflores, en el camino que va desde éste a Canencia. Consiste en un granito de gruesos elementos, a veces pegmatítico, rosado, que por desagregación deja sueltos los grandes cristales de ortosa y otros de cuarzo hialino. El manchón está a la salida de la dehesa comunal de Miraflores.

En término de Valdemanco (*) (Madrid), a mitad del camino que va desde este pueblo a Garganta de los Montes, hemos encontrado otro yacimiento análogo al de Bustarviejo, y cuyos cristales no desmerecen de los de aquél.

Muy recientemente, por último, en Zarzalejo (*) (Madrid), y junto a las canteras del señor Miró que explotan para adoquines los pórfidos felsíticos, tan frecuentes en la vecina Sierra, hemos hallado otro yacimiento interesante. Consiste en un pórfido alterado que se desagrega fácilmente y deja libres unos cristales de ortosa perfectísimos, entre los que se pueden reconocer agrupamientos según las leyes de Carlsbad, Baveno y

Four-la-Brouque, además de individuos sencillos ricos en caras. El yacimiento se prolonga paralelamente a la vía férrea, hasta alcanzar el gneis de las estribaciones del San Benito, siendo sin duda el más notable yacimiento español de ortosas que se conoce (1).

La *microclina* es muy frecuente en masas espáticas acompañando a las calizas cristalinas de la cordillera central. Carandell la cita de Santa María de la Alameda (*), y nosotros la hemos recogido en Villa del Prado (*).

Es muy incompleto el conocimiento que se tiene de las plagioclasas españolas. A las localidades mencionadas por Calderón se puede agregar, para la *albita*, el cerro de Peñuecar (*), junto a Buitrago, donde hemos encontrado muy lindos cristales blancos del tipo periclina.

Titanita. —La frecuencia con que este silicato se encuentra como elemento accidental en casi todas las rocas, hace suponer que el número de sus localidades españolas se multiplicará a medida que sean más numerosos los estudios petrográficos.

Lacroix (op. cit.) la menciona como acompañante del granate de Posets (*) en los Pirineos aragoneses. Es muy abundante en las rocas de Gomera (*), en cristales microscópicos (2). También se encuentra bajo esta forma en la caliza cristalina de Villa del Prado.

Ceolitas.—Estos minerales son de especificación bastante difícil, por lo cual no es extraño que se citen poco en nuestro país, y que las citas se hagan en términos de gran vaguedad. Deben abundar sin embargo en los apuntamientos de rocas volcánicas modernas.

Nosotros hemos encontrado la *mesola* y la *cristianita*, no citadas de España, que sepamos, en los basaltos de Gomera (*). En la Escuela de Minas de París tienen un ejemplar de *gismondina* (especie tampoco citada en nuestro país), procedente, según la etiqueta, de Santa Cruz de Tenerife; está formando motitas blancas sobre una roca gris verdosa de aspecto alterado.

---

(1) Veáse: L. Fernández Navarro. *Ortosas cristalizadas de Zarzalejo (Madrid)* Bol. de la R. Soc. esp. de Hist. Nat., t. XIX (1919), p. 137-143.

(2) Véase nuestro trabajo citado, lám. VII, fig. 28, pág. 70.

Cuestiones espectroquímicas

por

Angel del Campo

1. Entre las varias cuestiones, que forzosamente tienen que despertar interés en quien dedique su actividad a investigar en el campo de la espectroscopia, existen algunas que con el carácter de problemas aun poco precisos o apenas planteados, han de ser colocadas necesariamente en primera línea por quienes al mismo tiempo presten a la Química alguna atención.

Llamar la de los demás hacia alguno de estos asuntos es la finalidad perseguida en el presente artículo.

Sorprende, a primera vista, a quien llega por vez primera al campo de la espectroscopia, y, más aún, a quien se halla colocado fuera del mismo, que siendo tan grande el número de experimentadores que cultivan este capítulo de la ciencia, tan alta la calidad científica de la mayoría de aquéllos, y tan dilatado ya, el tiempo transcurrido desde que tales asuntos empezaron a preocupar a los hombres de ciencia, exista aún un conocimiento asaz incompleto de la parte que pudiera llamarse puramente descriptiva del espectro de los cuerpos en sus diferentes orígenes.

Que queden aún líneas por descubrir y vacíos que llenar en aquella región del espectro por debajo de 1900 UA. en que las radiaciones son fácilmente absorbibles por pequeños espesores de aire, y cuyo estudio requiere, por consiguiente, que, tanto el foco emisor como el aparato dispersivo como la placa receptora, se encuentren en el vacío, originándose así dificultades de orden exclusivamente material y técnico, que no a todos los laboratorios y a todos los investigadores, desprovistos de medios adecuados, les es dado vencer, es cosa que no llama la atención, y se explica perfectamente que en esa región del espectro, llamada de Schumann en memoria de su descubridor, sólo éste y sus continuadores, entre los que Lyman ocupa el principal lugar, hayan hecho hasta

ahora, y desde los años 1890-1893 en que aparecieron los primeros trabajos de aquél, una labor que pudiera llamarse introductora.

Que haya todavía mucho que completar en el conocimiento de los espectros, en la región comprendida entre 1900 y 2200 UA., en que las radiaciones son detenidas por espesores de gelatina tan pequeños como el que corresponde a una placa fotográfica, y en cuya región, por consiguiente, no han podido obtenerse buenos espectrogramas hasta que las placas de bromuro argéntico con un mínimo de gelatina o sin ella, ideadas por Schumann y de fabricación delicada, no han sido puestas al alcance de todo el mundo por A. Hilger, tampoco es cosa que choque demasiado.

Que pase algo parecido en la región infrarroja donde, no obstante los meritísimos estudios preliminares de Abney (1880), Langley (1882), Rubens (1892), puede decirse que apenas si hay aún más medidas bolométricas de precisión que las correspondientes a las observaciones hechas en estos ultimos años por Paschen y los que le siguen, no es tampoco sorprendente.

Pero que entre 2300 y 8000 UA., esto es, en las regiones ultravioleta y visible, sobre todo en esta última, se carezca en la actualidad de un completo conocimiento descriptivo del espectro de muchos cuerpos, es cosa que asombra a los no iniciados, ocasionando con frecuencia el escepticismo de muchos, con respecto a descubrimientos hechos en estas regiones, tan a menudo y tan fácilmente exploradas por tantos observadores.

Y, sin embargo, el hecho es evidente; los familiarizados con la bibliografía, las revistas de asuntos espectroscópicos y la práctica cotidiana de este género de observaciones, tienen, con mucha frecuencia, ocasión de darse cuenta de ello; y aunque sea innegable que el conocimiento en tales regiones es más completo que en las antes mencionadas, lo cierto es que se puede todavía, sin duda alguna, hacer la afirmación que queda expuesta en las anteriores líneas.

Es muy frecuente, en efecto, encontrar que un cierto observador, estudiando el espectro de un cuerpo, halla una o más líneas que añadir a las tabuladas ya por observadores anteriores; que otro, en cambio, no encontró en sus espectrogramas tales o cuales líneas que otro u otros mencionaron con anterioridad; que alguien discute sobre la atribución más o menos correcta de alguna línea hecha por otros; o que se encuentran, en fin, alguna o algunas radiaciones cuya interpretación, en cuanto al cuerpo originario, resulta difícil.

Esto, sin contar con la aparición de determinadas bandas, inexplicadas o mal atribuídas en la mayoría de los casos, y con el hecho extraordinariamente frecuente de encontrarse en los espectros de arco con parte o

todo el espectro de chispa de un elemento, cosa que, por no verificarse siempre del mismo modo, complica extraordinariamente ciertas cuestiones ya de suyo no siempre sencillas.

2. Como muestra de cuanto queda dicho pueden ponerse las referencias siguientes que, entre otras muchas que cabría alegar, están circunstancialmente más a mano del autor de esta nota.

Wood y Fortrat, estudiando el espectro de absorción del sodio en vapor, han encontrado muy recientemente (1) 58 términos de su serie principal, de los cuales ningún observador había encontrado hasta aquí *más que los siete primeros* en el espectro de emisión del elemento citado.

B. E. Moore escribe (2) los siguientes párrafos en su trabajo acerca del fenómeno de Zeeman en los metales alcalino térreos:

«En la segunda serie subordinada de tripletes del calcio, Kayser y Runge dan seis términos, de los cuales sólo los dos primeros están bien bien definidos en mis placas; el tercero está débil, y los demás no están presentes.»

«Fowler indica otra serie de tripletes, de cuyos primeros tres términos, ya tabulados con anterioridad por Kayser y Runge, sólo aparecen razonablemente visibles en mis placas los dos primeros; el tercero se observa difícilmente, a causa de las bandas del carbono; el cuarto aparece muy débilmente y sin duda necesitaría mucha mayor exposición.»

Acerca del estroncio, dice: «En la segunda serie, subordinada de tripletes, son conocidos otros tres términos; pero ninguno aparece sobre mis placas.»

H. Crew y G. Mc. Cauley, refiriéndose también al calcio (3) y trabajando en el vacío, no encontraron 18 líneas halladas antes por Saunders (4); ni otras tres señaladas por Eder y Valenta (5); ni tampoco otras varias tabuladas por Exner y Haschek (6), los cuales a su vez tampoco vieron las de Saunders; en cambio encontraron 26 líneas no vistas antes por ningún otro observador, alguna de las cuales es indudablemente de aquel metal.

Holtz, trabajando con arco en el aire (7), atribuye indudablemente al

---

(1) *Astroph. Journal,* 1916, 13, 73.
(2) *Astroph. Journal,* 33, 385, 1911.
(3) *Astroph. Journal,* 39, 29, 1914.
(4) *Astroph. Journal,* 32, 153, 1910.
(5) *Atlas Tipischer Spektren,* Wien, 1911.
(6) *Die Spektren der Elemente,* Wien, 1911.
(7) *Zeitschrift für Wissenschaftliche Photographie,* 1913.

calcio la línea 67.7.87 que Adams (1) cree sea debida a una impureza, probablemente litio.

W. Crookes, estudiando en chispa el espectro del silicio (2), no halló ni una sola de las bandas que con la misma técnica encontraron Gramont y Watteville (3), las cuales tampoco son mencionadas por Mc. Lenan y E. Edwards (4) en su trabajo sobre el mismo asunto, y acerca de las cuales hizo un estudio especial el autor del presente trabajo (5).

3. Dejando aparte algunas diferencias en los resultados, que pueden ser explicadas por el distinto poder absorbente de los medios dispersivos empleados, redes o prismas múltiples, y por la distinta intensidad luminosa del medio excitador, arco o chispa, todas las anomalías de que queda hecha alusión en párrafos anteriores pueden referirse, en realidad, a dos clases:

1.ª A que los espectros de un mismo elemento, dado un mismo procedimiento excitador (chispa o arco) y un sistema dispersivo análogo, no aparecen rigurosamente idénticos entre sí para todos los observadores, sino que presentan algunas diferencias referentes a la presencia unas veces y otras no de ciertas rayas o bandas en mayor o menor número.

2.ª A la imposibilidad de marcar una diferencia tan capital como hace presumir su nombre y su aparente origen entre los llamados espectros de arco y de chispa de un mismo elemento, ya que, más o menos completamente y en ciertos casos y condiciones, el segundo de los citados espectros aparece también al obtener el primero.

Siendo interesantes, a no dudar, los hechos que quedan mencionados, sería más interesante todavía su explicación; pero es lo cierto que no se encuentra en la bibliografía ni aun la preocupación del hecho mismo, sobre todo por lo que al primer punto respecta, y, sin embargo, no es posible encontrarse a menudo con tales fenómenos sin que forzosamente asalten al espíritu interrogaciones bien concretas: ¿Por qué el espectro de un elemento, presentándosenos *único* en su mayor parte, hasta el punto de poseer una *facies* específica, es sin embargo *vario* en algunos de sus detalles? ¿Cuál es la causa de semejante variedad y cómo podría, por tanto, conseguirse que desapareciera?

---

(1) *Astroph. Journal*, 30, 1909.
(2) *Proc. Roy Soc.*, 89.187, 1913.
(3) *C. R.*, 210, 1908.
(4) *Philosophical Mag*, 482, 1915.
(5) *Anales*, Soc. Esp. de F. y Q., 98, 1914, y Trabajos de este Laboratorio, núm. 12.

4. Sin pretender que siempre dicha diversidad obedezca a una misma causa, y dejando a un lado ciertas modalidades relativas a las radiaciones de escasísima intensidad, hay, sin embargo, un motivo cuya existencia es innegable, al cual pocos hasta ahora han prestado la atención que merece, y cuya estimación arroja notable claridad sobre muchos fenómenos del orden de los mencionados, cosa que, al ser puesta de manifiesto en determinados casos concretos que se examinarán a continuación, adquiere indudable importancia, porque señala una nueva orientación adonde dirigir futuras y necesarias investigaciones.

La causa a que antes se hace alusión es, ni más ni menos, que *la química de los fenómenos que en el seno del foco emisor de las radiaciones se verifican.*

Si nos fijamos en el arco eléctrico, por ejemplo, conviene recordar que la técnica de éste, no sólo permite hacerle saltar entre electrodos formados por trozos del metal que se pretende estudiar, si éste se presta a ello, sino que también es de una gran generalidad utilizar electrodos de carbón que permiten colocar en el cráter, previamente practicado en uno de ellos (el positivo de preferencia), pequeñas porciones del metal a estudiar o de cualquiera de sus compuestos.

Examinemos primero este último caso: en el arco tendrán lugar, aparte los fenómenos físicos de volatilización e incandescencia de los vapores, que son los que casi exclusivamente son tenidos en cuenta de ordinario por los espectrocopistas, y fijándonos sólo en uno de los componentes del aire, dos suertes de fenómenos químicos absolutamente antitéticos, cuales son los siguientes: 1.°, fenómenos de reducción producidos por el carbón en el interior del cráter a la alta temperatura del arco, al actuar sobre la sustancia en éste colocada, reducción cuya intensidad cambiará también con la naturaleza del compuesto presente, habiendo, por lo tanto, seguramente una variabilidad en el fenómeno, dependiente de la mayor o menor volatilidad o fijeza y reductibilidad de la materia en cuestión; 2.°, fenómenos de oxidación producidos en la llama del arco que salta en el seno del aire, cuya llama tiene un carácter eminentemente oxidante, y oxidación que también podrá ser variablemente facilitada o dificultada, según que por la acción del calor sobre la sustancia presente resulten desprendidos gases que vengan a reforzar o a debilitar la acción del oxígeno del aire circundante.

Del posible juego de estos dos fenómenos, del conjunto cualitativo y cuantitativo de ambos, dependerá mucho, evidentemente, que el agente emisor de radiaciones sea uno u otro.

Supongamos, en efecto, que, por virtud de la acción reductora del car-

bón, aparecieran en el cráter, siquiera breves instantes, pequeñas cantidades de un elemento muy oxidable; este elemento libre, al volatilizarse en el seno del arco, emitiría indudablemente sus radiaciones peculiares, entre las que muy probablemente las habría de muy diferente intensidad; posiblemente las muy intensas serían bien visibles o fotografiables, y las poco intensas, siendo además escasa la sustancia que las originaba, o serían perceptibles muy fugazmente un momento, o no persistirían el tiempo suficiente para impresionar la placa fotográfica; cuanto más oxidable fuera el elemento, con tanta mayor rapidez se empobrecería la llama del arco en el vapor de aquél y se enriquecería en el de su óxido, cuyo espectro, de líneas o bandas, aparecería en toda su plenitud.

Imaginemos que el compuesto colocado en el cráter fuera un nitrato: éste dejaría probablemente óxido metálico, que sería seguramente más o menos reductible por el carbón a la temperatura del arco, y compuestos oxigenados de nitrógeno, aun oxígeno mismo, que acentuando el carácter oxidante de la llama, ya de menos temperatura que el cráter y mucho menos rica que aquél en agentes reductores, darían lugar, en el ejemplo hipotético a que nos venimos refiriendo, a que desaparecieran casi totalmente del espectro aquellas radiaciones características del elemento libre y oxidable en grado sumo. Si, por el contrario, en vez de un nitrato fuera un carbonato, descomponible en óxido metálico y anhídrido carbónico, éste último diluiría el oxígeno del aire circundante o evitaria su acción, y el elemento procedente de la reducción del óxido persistiría en la llama y daría lugar a un espectro probablemente muy distinto del obtenido en el caso anterior.

Nada de esto se halla, por otra parte, en oposición con las teorías hoy dominantes acerca del origen del espectro: la hipótesis de Bohr, según la que las radiaciones se emiten al caer los electrones de órbita en órbita, de menor radio cada vez, de las que pueden suponerse en torno al núcleo central del átomo, permite, según Cabrera, explicarse que falten con frecuencia los últimos términos de las series espectrales (hecho experimental repetidas veces comprobado), desde el momento en que tales términos deben ser producidos al caer los electrones en los últimos anillos orbitales, y tal hecho no se producirá o será enormemente perturbado cuando casi simultáneamente el átomo en cuestión capte al oxígeno para formar un sistema totalmente distinto del preexistente. Esta explicación perfectamente lógica esclarece enormemente la oscura afirmación que Wood y Fortrat (1) atribuyen a Ritz, según la que en la chispa se produ-

(1) Loc. cit.

cen *movimientos turbulentos* poco favorables a la aparición de términos altos de las series, que en arco suelen aparecer con más facilidad, y hace comprender también que en el caso del sodio examinado por los citados autores, y del que antes se hizo oportuna mención, no deben ser sólo las circunstancias de quietud y relativamente escasa temperatura de los vapores, las que, como ellos dicen, se muestran particularmente favorables al desarrollo de las agrupaciones originarias de los términos altos, sino que debe ejercer una influencia decisiva el trabajar con el sodio colocado dentro de un tubo de acero de 2,80 m. de longitud (que se calienta eléctricamente cuando conviene), cerradas sus bases por láminas transparentes de cuarzo, y en cuyo interior se hace previamente el vacío sobre hidrógeno con una bomba de Gaede; *es decir: en ausencia absoluta de oxígeno.*

5. Pero aun hay más: si se admite que en el cráter aparecen lentamente por reducción pequeñas cantidades de un elemento oxidable, es evidente que al recorrer el vapor de éste la llama del arco, la oxidación irá avanzando a medida que esta llama vaya siendo menos rica en elementos reductores, y sea, en cambio, más accesible al aire exterior; por consiguiente, en las proximidades del electrodo, donde el elemento aparece, como éste será renovado mientras la acción reductora tenga lugar, y ésta se verificará mientras haya materia reductible en el cráter, la intensidad de ciertas radiaciones, que sean peculiares del elemento libre, será mayor allí que en zonas del arco, más separadas de los electrodos donde forzosamente la masa activa del vapor del elemento será más pequeña, por disminuirla constantemente la oxidación producida en zonas anteriores; de tal modo, que en algunos casos ciertas radiaciones serán tan escasamente intensas en el centro del arco, que prácticamente al menos podrá afirmarse que han desaparecido para los efectos de su visualidad o de su acción sobre la placa fotográfica; es decir, que para el observador colocado ante el espectroscopio o ante el espectro-fotograma obtenido, ciertas líneas no serán perceptibles sino en los bordes del espectro como puntos o rayas de escasa longitud en comparación con las demás que atraviesan el espectro en toda su extensión longitudinal; pero esto es ni más ni menos que uno de los fenómenos comprendidos de ordinario en la denominación genérica de *efecto polar,* cuya explicación, buscada frecuentemente por las variaciones de potencial, intensidad o temperatura dentro del arco, es, sin embargo, muy sencilla, al menos en ciertos casos, desde este punto de vista puramente químico. Punto de vista que, si bien se mira, tampoco está en contradicción con otras explicaciones intentadas desde el campo exclusivo de la física; antes bien, aparece reforzado por ellas, porque es evidente

que toda acción con tendencia a dificultar la supuesta influencia del medio ambiente hará disminuir o desaparecer este efecto polar, y una causa que puede favorecer el que persistan en el arco sin alterarse totalmente elementos o cuerpos procedentes de uno de los polos es el aumento considerable de materia arrastrada por efecto del crecimiento en intensidad de la corriente eléctrica, ya que este flujo de materia, al tener un cierto valor, impedirá también en una cierta medida que el aire llegue al centro del arco; y, en efecto, Vegas (1) en este Laboratorio ha podido comprobar que, a diferencia de potencial constante, ciertas rayas polares dejan de serlo, atravesando el espectro en toda su extensión y adquiriendo intensidad uniforme *cuando crece suficientemente la intensidad de la corriente.*

Si tenemos en cuenta además que estas rayas *polares* constituyen generalmente el llamado espectro de chispa de los elementos, y que Fabry y Buisson afirman (2) que siempre que salta el arco entre electrodos metálicos, se produce en la extremidad de alguno de éstos o en ambos una gota de metal fundido, en la cual hay siempre un punto brillante, que es el emisor precisamente de este espectro de chispa y de esas rayas polares, en tanto que las rayas de arco son emitidas por las llamas de aquél; si se recuerda además que en el mecanismo por el cual los espectros de chispa se producen, según Schuster y Hemsalech (3), juega un considerable e importante papel la materia metálica de los electrodos, que forma la aureola de la chispa al ser arrastrada por ésta; no parece atrevido suponer, al menos por lo que a ciertos metales respecta, que el vapor de éstos arrastrado por la chispa o por el arco, al ser puesto incandescente, debe emitir, cualquiera que sea el modo de conseguir aquel efecto, si la presión no es muy distinta, el mismo espectro: y así no choca que en el espectro de arco, a cuya temperatura el metal se altera por la acción del aire, sólo en ciertos puntos en que el vapor metálico se produce sin sufrir alteración durante unos instantes, o sea en las condiciones indicadas por Fabry, aparezca el espectro de chispa; pero cabe añadir y predecir que se producirá idéntico fenómeno, aun cuando no se trabaje con electrodos metálicos, siempre que por cualquier causa aparezca el metal libre en suficiente cantidad en los electrodos; puesto que ya queda antes razonado hasta qué punto influ ye

(1) *Revista de la R. Ac. de Ciencias*, 1918, y Trabajos de este Laboratorio, núm. 45.

(2) *Journal de Physique*, 1910, págs. 941-42.

(3) *Recherches experimentales sur les spectres d'etincelles*, Hemsalech, París, 1901.

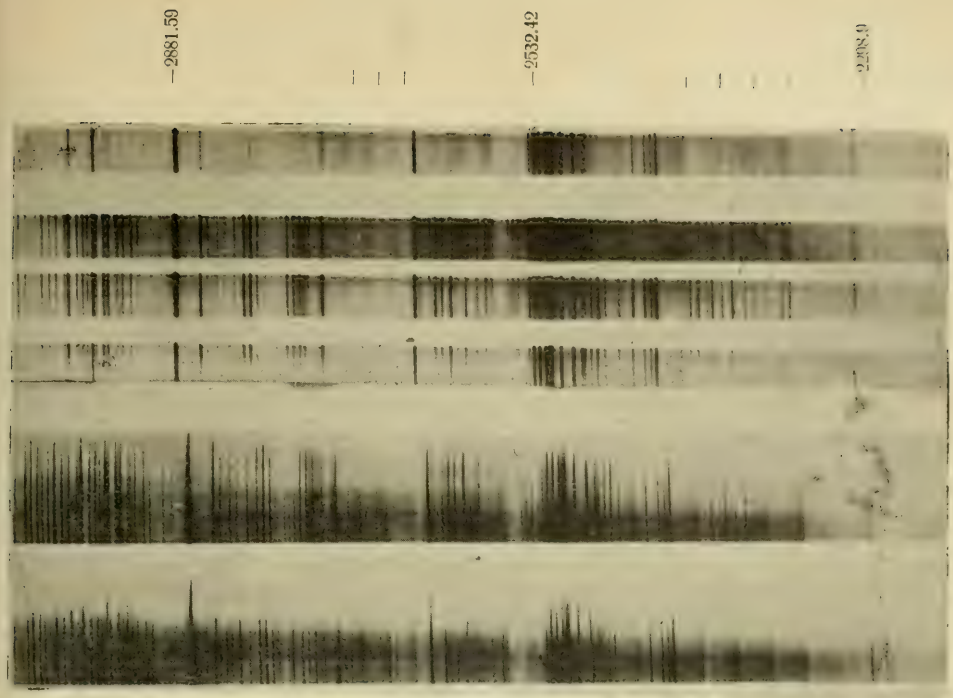
en esto la naturaleza del compuesto que se coloque en el cráter del carbón.

6. Si todo pasara tal como queda expuesto en los anteriores párrafos, en vez de establecer diferencias entre espectros de chispa y espectros de arco atendiendo al modo de excitación, debería establecerse entre el espectro del elemento libre y el de los productos de su alteración que sean estables y posibles en los diferentes medios y circunstancias empleados en aquélla. Desde este punto de vista, las listas de espectros, actualmente conocidas, serían el resultado de la superposición y mezcla de espectros bien distintos, que sería posible separar sólo mediante investigaciones orientadas por la idea que aparece presidiendo el espíritu de los párrafos anteriores, y que no se apoya sólo en razones teóricas, más o menos dignas de ser tenidas en cuenta, sino que aparece también fundamentada en hechos experimentales de acuerdo con aquéllas, algunos de los cuales se exponen a continuación.

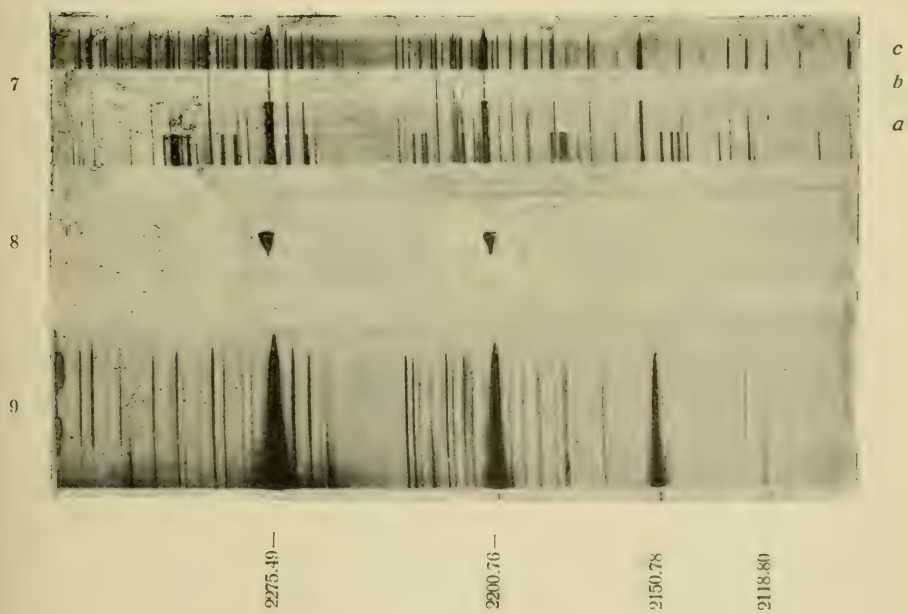
7. En el trabajo acerca del espectro de bandas del silicio, de que ya antes se hizo mención, el autor de estas líneas demostró, bien rigurosamente a su juicio, que ciertas bandas que encontró en *espectro de arco,* algunas de las cuales habían sido antes observadas en *espectro de chispa* por otros autores, eran debidas a un producto de oxidación del silicio, y al mismo tiempo a un producto de reducción de la sílice, el cual no podía ser otro que el SiO análogo al CO, y de cuyas propiedades y existencia abrigaba la Química hasta entonces no pocas dudas; por un razonamiento fundado en un encadenamiento lógico de experimentos, llegó a la conclusión de que tales bandas debían tener marcado *carácter polar;* y, en efecto, éste se evidencia en los espectrogramas números 1 a 4 de la lámina adjunta, donde aparecen señaladas algunas de las bandas más intensas; el primero representa el espectro de la SiO_2 en un electrodo de carbón, tomado junto a éste; el segundo corresponde a una región un poco alejada del electrodo; el tercero está tomado en el centro del arco; el cuarto, en las inmediaciones del polo negativo; las bandas, bien visibles en las fotografías primera y cuarta, son más tenues en la segunda y no se ven en la tercera; en cambio, en la segunda y tercera aparecen ciertas rayas con más intensidad que en la primera y cuarta: estas rayas son las emitidas por la parte central del arco.

Las fotografías quinta y sexta, que abarcan toda la extensión longitudinal del arco en que la sílice se colocó, una vez en el carbón positivo y otra en el negativo, muestran bien a las claras el conjunto del fenómeno. No es posible negar que, en este caso, el efecto de la reducción y el de la polaridad son coincidentes.

8. Estudiando en este laboratorio M. Catalán el espectro del mag-



Silicio (§ 7)



Calcio (§ 11)

nesio (1), hubo de encontrar las 12 rayas constitutivas de los últimos términos de la serie secundaria de tripletes de aquel elemento, recargando diferentes veces el electrodo positivo de carbón con magnesio metálico, rayas que eran desconocidas en el espectro de arco en el aire, y que sólo fueron vistas por Fowler, operando con el arco en el vacío: este hecho pone bien de manifiesto cómo la presencia de metal libre en el arco, y en suficiente cantidad, es condición indispensable para que ciertas rayas aparezcan, y comprueba plenamente cuanto se dijo en párrafos anteriores; y esto es tanto más verídico, cuanto que las rayas nuevas fueron obtenidas igualmente reduciendo el MgO por electrodos de carbón, y no aparecieron al poner el mismo óxido magnésico sobre electrodos de plata cuyo óxido no se forma a alta temperatura y cuyo poder reductor puede por tanto considerarse nulo; asimismo, las rayas aparecieron siempre, al poner el metal libre y *repetidas veces*, sobre electrodos de carbón de cobre o de plata.

En ese mismo trabajo se advierte la presencia de 11 rayas, antes notadas sólo en espectro de chispa, y se llama la atención acerca de la banda verde atribuída al óxido y que el autor ha obtenido con mayor intensidad cuando coloca el metal libre en los electrodos de plata o de carbón que cuando coloca el óxido en cualquiera de ellos; además, la banda en cuestión parece nacer del electrodo donde está el metal libre y se pierde en dirección del opuesto. Estos hechos, que al autor le hacen pensar en la distinta densidad de la llama en vapor de óxido magnésico, según que éste se forme en su seno o esté previamente formado en el cráter del arco, más parecen indicar la formación de un subóxido de magnesio que, en efecto, puede existir con la composición Mg_2O, el cual fué descubierto por Beetz (2) y confirmado por Gore (3).

9. Piña, también en este laboratorio (4), estudió el espectro del Cromo entre 2000 y 2300 U. A., y operando con *arco*, cromo metálico y diversas sales y óxidos de este metal, sobre carbón y en el aire, encontró íntegro el *espectro de chispa* del citado elemento en todos los casos; y si bien el carácter polar de muchas rayas, que en sus fotografías se percibe bien, está más marcado en el caso del metal libre, conforme con las aseveracio-

---

(1) *An. de la Soc. Esp. de Fís. y Quím.*, 1916, págs. 584-595; *Tesis Doctoral*, y Trabajos de este Laboratorio, núm. 29.

(2) Moissan.—*Chimie Mineral*, III, pág. 922, y *Gmelin-Krauts*, II. 2, 386.

(3) *Chem. News*, 50, 157, 1884.

(4) *An. de la Soc. Esp. de Fís. y Quím.*, 1917, pág. 110, y Trabajos del Laboratorio, núm. 32.

nes de Fabry y Buisson, no deja de aparecer también, precisamente en el caso de los óxidos y del Nitrato; estudiando el mismo autor (1) el cobre y la plata en la misma región y condiciones obtiene igualmente casi íntegros los espectros de chispa de estos elementos, con la única excepción de unas cuantas líneas tenues; en el caso del níquel y cobalto (2), utilizando el autor sales de níquel, cloruro principalmente (que estando cristalizadas dejarán óxido del metal), y óxido de cobalto, obtuvo, como en los casos anteriores, el espectro de chispa casi completo de ambos elementos.

Estos hechos, que en los trabajos de Piña se ponen de manifiesto, confirman la presunción anotada al final del párrafo **(5)** del presente trabajo, según la que el fenómeno observado por Fabry y Buisson en los electrodos metálicos se puede observar también sin ellos en cuanto pueda quedar el metal libre en el electrodo por efecto de reducción.

10. Hemsalech (3) ha estudiado en el hierro la influencia selectiva de las acciones químicas que tienen lugar al observar el espectro obtenido en las llamas de gas y aire, y ha establecido una clasificación de rayas, uno de cuyos grupos está formado por algunas que son sólo visibles en el cono o más intensas allí, y se pierden después en la llama exterior más oxidante.

Después (4) ha variado las condiciones de la llama poniendo oxígeno, en vez de aire, y gas; aire e hidrógeno; oxígeno e hidrógeno; aire y acetileno, y, finalmente, oxígeno y acetileno. Examinando en cada caso el comportamiento de cada uno de los grupos de rayas establecido se puede comprobar perfectamente cómo las acciones químicas ejercen gran influencia en la aparición o desaparición de ciertas líneas en los espectros: así se nota que un grupo de líneas de hierro que en la llama originada por el soplete gas-aire aparecen fuertes en el cono y muy débiles en la zona exterior de la llama se acentúan en ésta si se sustituye el gas del alumbrado por hidrógeno o acetileno, de diferente poder reductor que el gas, y desaparecen casi totalmente del cono en cuanto en el soplete especial usado por el autor se sustituye el aire del interior de la llama por el oxígeno, más oxidante que aquel. Estos fenómenos, que tan claramente se advierten en este caso particular en que las acciones químicas se pueden modi-

---

(1) *An. de la Soc. Esp. de Fís. y Quím.;* abril, 1917; pág. 215, y Trabajos del Laboratorio, núm, 34.

(2) *An. de la Soc. Esp. de Fís. y Quím.;* marzo, 1918; pág. 338; y Trabajos del Laboratorio, núm. 42.

(3) C. R. *163.* 757. Diciembre, 1916.

(4) *Philosoph. Magz.;* octubre, 1917; 221.

ficar en cierto modo con tanta sencillez, no pueden, evidentemente, ser exclusivos de los espectros de soplete o llama, sino que, indudablemente, han de ser generalizables a los de chispa y arco, según se pretende en el presente artículo.

11. Estudiando el espectro del calcio, cuyo examen completo será objeto de un trabajo posterior por parte del autor de este artículo, han tenido nueva confirmación los anteriores puntos de vista, como entonces podrá verse, pero alguno de cuyos pormenores no hay inconveniente en anticipar.

Saunders descubrió (1) una serie de líneas sueltas trabajando con el arco de Ca a presión reducida, algunas de las cuales, encontradas antes por Barnes en el vacío (2), pueden verse examinando las fotografías adjuntas, obtenidas con placas Schumann, por efecto de la región del espectro a que tales líneas corresponden.

El espectrograma número 9 está obtenido mezclando cloruro cálcico con azúcar y haciendo saltar el arco en el aire; las rayas cuyas longitudes de onda son 2275.49, 2200.76, 2150.78 y 2118.80, salen intensamente e indican ya de un modo claro cómo seguramente en ciertas condiciones manifestarán su efecto polar; además, ciertas bandas que en él se inician tienen marcadísimo el citado carácter; el número 8 (que aparece invertido en el grabado, pues las manchas negras corresponden al extremo inferior y no al superior de las líneas) está obtenido poniendo en el electrodo de carbón calcio metálico y obteniendo el espectro junto al electrodo y con la rendija descubierta en toda su longitud; el efecto polar no puede estar más marcado, y en unión del espectrograma anterior pone de manifiesto el porqué, si se toma la imagen del arco en el centro del mismo cuando se pone en los electrodos solamente calcio metálico, *no deben aparecer* estas líneas que fueron descubiertas en el vacío; se patentiza aún más este hecho en el grupo de espectros superpuestos que constituyen el espectrograma número 7, todos los cuales han sido tomados en las proximidades del polo positivo que contenía la sustancia; en el espectro *a*, que contiene además en su parte inferior otro espectro más corto que pertenece al antimonio que ha servido como espectro de comparación, aparece el obtenido con citrato cálcico; el *b* fué obtenido con cloruro cálcico solamente; el *c* fué conseguido con una mezcla de calcio metálico y azúcar. Obsérvase en estos tres espectrogramas: 1.°, que en el cloruro cál-

(1) *Astroph. Jour.*, *32*, 1910, pág. 153.
(2) Ídem, 30, 14, 1910.

cico sólo (espectro *b)*, no obstante una exposición considerable y de haber recargado de sustancia el electrodo, en atención a la volatilidad del compuesto, apenas si aparecen las rayas del Ca, que son, en cambio, bien patentes en el espectrograma número 9, obtenido con cloruro cálcico y una materia orgánica a él mezclada, el azúcar, cuyo papel reductor y productor de CO_2 es el causante de modo bien evidente de que aun con una menor exposición se obtenga el efecto contrario; 2.°, el espectro *a*, obtenido con una sal orgánica de calcio, produce un efecto equivalente al de la mezcla de azúcar y una sal inorgánica del mismo metal, según puede verse perfectamente en la fotografía; 3.°, los espectros número 8 y *c*, que están hechos con calcio metálico, acusan, sin embargo, una diferencia bien marcada; en el primero se percibe perfectamente que oxidado bruscamente el calcio, que arde en el aire inmediatamente de cebar el arco, las rayas de la serie de Saunders sólo han aparecido gracias a que se han buscado en las proximidades de los polos, y aun allí se ven exiguas en longitud, aunque no en intensidad; en el *c*, donde se operó igual, pero donde había una materia orgánica cuya combustión había de retrasar la oxidación del calcio metálico, las rayas de éste aparecen desprovistas de su carácter polar, atravesando el espectro en toda su extensión vertical.

Experimentos tan concluyentes no necesitan mayor puntualización para subrayar su perfecto acuerdo con las ideas expuestas en párrafos precedentes.

12. Los hechos que quedan referidos no son los únicos que pueden aducirse, y otros quedan que posteriormente se darán a conocer; pero son suficientemente explícitos para justificar las consideraciones que se hicieron en algunos párrafos de este artículo, las cuales, a su vez, permiten afirmar que el no atender, por parte de los diversos investigadores al aspecto químico de estas cuestiones, ha sido durante mucho tiempo causa probable de una buena parte de la confusión y desorientación aun existente en múltiples cuestiones que, como la referente a la falta de rayas que permitan seriar más o menos completamente los espectros de bastantes elementos, se esclarecerán, seguramente, al precisar el aspecto químico de las circunstancias de producción de aquéllos, y al prever los fenómenos que allí deban ocurrir, lo que permitirá modificarlas al arbitrio del experimentador, de acuerdo con la finalidad que desee obtener.

Por de pronto, de las razones antes explanadas y de los hechos que de acuerdo con aquéllas se han enumerado, parece deducirse lo siguiente:

«Siempre que se desee obtener lo más completamente posible el espectro de un elemento, o se trate de completar éste buscando las líneas que

por razones de orden numérico, relacionadas con las series espectrales, se sospeche fundadamente que deben existir, se procederá en forma que asegure la persistencia en los electrodos del elemento en cuestión y en estado de libertad; se evitará la alteración química de aquél en la forma más adecuada, según el medio de excitación, los compuestos que se hayan de utilizar y las reacciones probables, y se procurará, finalmente, sacar todo el partido posible del efecto polar anulándolo, o buscando las líneas en las proximidades de los polos, siempre que las diferencias entre esta región y el centro del arco fueran notorias y difíciles de evitar.»

(Concluirá.)

Nuevo método para medir la velocidad de la luz. Determinación de algunas constantes físicas que dependen de la medida de pequeños intervalos de tiempo

por

Pedro Carrasco Garrorena.

(Conclusión.)

Hemos visto que la gráfica nos determina

$$\theta = \sqrt{\frac{\delta}{g}},$$

y la misma gráfica nos determinará el desplazamiento de la segunda línea ondulada. Para calcular τ, puede en primera aproximación suponerse, dentro de una inflexión, el movimiento uniforme; es más preciso y tan cómodo observar que en una inflexión la velocidad es media de las velocidades en las inflexiones anterior y siguiente, luego la separación Σ puede escribirse:

$$\Sigma = \frac{\Delta_n + \Delta_{n+1}}{2\theta} \cdot \tau.$$

que determina Σ, ya que las Δ y τ se obtienen por las gráficas.

Pero es preferible operar con toda corrección, deduciendo τ de un número crecido de observaciones, procediendo de modo análogo a como hicimos con θ. Para ello, por camino idéntico al seguido para obtener [2]', se encuentra que

$$\delta' = g\theta\tau = \text{const},$$

siendo

$$\delta' = \Sigma_2 - \Sigma_1 = \ldots = \Sigma_n - \Sigma_{n-1};$$

de modo que su valor se obtiene de un número grande de medidas.

Dada la gran pequeñez de δ' es práctico para conseguir mayor preci-

sión adoptar dos desviaciones Σ_n y Σ_0 separadas n intervalos utilizando, no los valores δ' medidos directamente, sino

$$\delta' = \frac{\Sigma_n - \Sigma_0}{n} = g\theta\tau;$$

y aun es preferible, para que las cantidades que intervienen en el cálculo tengan la misma procedencia, utilizando [2]′ escribir

$$\frac{\tau}{\theta} = \frac{\delta'}{\delta};$$

proporcionalidad de tiempos a segundas diferencias.

Así tenemos una forma uniforme de cálculo para θ y τ por δ y δ'. Deducidas éstas por

$$\frac{\Delta_n - \Delta_0}{n} \quad \text{y} \quad \frac{\Sigma_n - \Sigma_0}{n}$$

resulta

$$\tau = \theta \cdot \frac{\Sigma_n - \Sigma_0}{\Delta_n - \Delta_0},$$

expresión que resuelve el problema propuesto.

En cuanto a la precisión del método es indudable que se conseguirían medidas de gran valor, si se utilizasen recorridos grandes para la luz, puesto que un trayecto de 300 kilómetros haría a la curva ondulada desviarse una rama completa; pero como tales distancias no son prácticas, operando a lo más a algunos kilómetros, el desplazamiento debe hacerse lo mayor posible, utilizando un tiempo más largo de caída o aumentando la escala de la gráfica, para tener distancias lineales mayores que medir en el registro fotográfico.

El error relativo en la determinación de τ es

$$\frac{\Delta\tau}{\tau} = \frac{\Delta\theta}{\theta} + \frac{\Delta\delta}{\delta} \pm \frac{\Delta\delta'}{\delta'};$$

esto es, del mismo orden que los errores relativos correspondientes a cada una de las cantidades que intervienen en el cálculo. Y así, el conseguir una precisión de 1 : 1.000. puesto que en θ podemos contar con tal exactitud, supone asegurar en las medidas de δ y δ' igual precisión.

Puesto que se ha de operar con valores de $\delta' < \delta$, basta imponer a δ' la condición expuesta, y por lo tanto, si adoptamos la 0,01 mm. como límite de la medida lineal de la fotografía que se obtenga, debemos operar con valores de δ' del orden de un centímetro. Las condiciones serán

elegidas por el experimentador, según el camino o recorrido que imponga el haz luminoso, adoptando un tiempo de caída adecuado y unas dimensiones convenientes de la línea ondulada que se proyecta.

Como resumen de los problemas que acabamos de examinar, podemos decir, aplicando esta última indicación acerca del error relativo que ha de imponerse a δ, que en todos estos problemas, que dependen de las leyes de caída, las magnitudes fundamentales θ o N, g y δ suponen entre sus errores relativos la relación

$$2\frac{\Delta N}{N} = \pm \frac{\Delta g}{g} \pm \frac{\Delta \delta}{\delta},$$

forma que facilita la visión en conjunto del rigor de estos métodos, que ya hemos examinado en particular.

***

Superficie inscriptora fija.—Indicamos al principio que la obtención de un registro gráfico exige al movimiento relativo del órgano productor y del receptor de señales, y hemos examinado algunos casos de movimiento de la superficie suscriptora; la inmovilidad de ésta supone, por el contrario, el movimiento de los otros elementos que producen el fenómeno que se registra, y como ésto no es posible en muchos casos y en otros obliga a mover toda una instalación de aparatos delicados, de aquí la necesidad o la conveniencia de realizar las inscripciones con la inmovilidad de ambos sistemas.

Esto se consigue en los fenómenos de carácter luminoso, o que sin serlo, se miden empleando señales luminosas, mediante el procedimiento clásico de recibir los rayos luminosos que proceden de la señal, no en un anteojo de observación ni en una superficie inscriptora, sino en un espejo móvil donde se reflejan, siendo observados después.

Es muy conocido el empleo de un espejo giratorio y no hemos de ocuparnos de él, al menos en este trabajo. Sólo indicaremos su posible utilidad en los métodos descriptos en el apartado anterior.

Imaginemos que en vez de recogerse la imagen puntual, que produce la gráfica, en una placa o película fotográfica que cae, va a formarse en una placa fija, después de haberse reflejado el cono de rayos luminosos en un espejo giratorio, cuyo eje de rotación es paralelo a la vibración de dicho punto luminoso producida por el diapasón. Por la rotación del espejo, el cono vibrante barrerá la placa fotográfica, impresionando en ella la línea ondulada; esto, respecto al procedimiento anterior, ofrece la dife-

rencia de que el registro es fraccionado, puesto que de todo el giro completo del espejo sólo se utiliza el momento del paso de los rayos reflejados sobre la placa, lo que constituye un inconveniente; en cambio, las dimensiones de la gráfica pueden aumentarse considerablemente, consiguiéndose mucha mayor precisión en la medida.

Produciendo el giro especular por el desenrrollado o caída de un cordón, que soporta un peso que cae, el movimiento uniformemente acelerado del peso determinaría una rotación angular del espejo dada por

$$\alpha = \frac{1}{2r} g t^2,$$

siendo r el radio del collar o garganta del cordón; y al proyectarse el cono luminoso sobre la placa situada a la distancia l produce un desarrollo lineal sobre ella que vale

$$e = \frac{2l}{2r} g t^2;$$

esto es, que la gráfica aumenta su escala en $\frac{2l}{r}$. Como esta relación puede valer prácticamente

$$l : r = 50,$$

tendremos fácilmente una escala 100 veces mayor.

El procedimiento tiene entonces la ventaja de aumentar considerablemente la precisión con que se puede realizar la medida fundamental de δ, y permite aspirar a determinaciones experimentales de g de un valor práctico indudable.

Así, por ejemplo, con

$$r = 5 \text{ cm.}, \quad l = 50 \text{ cm.} \quad \text{y} \quad T = 10^{-3}$$

se consiguen intervalos entre dos inflexiones de

$$\Delta_1 = 5 \text{ cm.}, \quad \Delta_2 = 7{,}08, \quad \Delta_3 = 8{,}66, \quad \Delta_4 = 10...$$

y el valor de

$$\delta = 0{,}02 \text{ cm.}$$

puede medirse con la aproximación

$$\delta = 0{,}02 \pm 4 \cdot 10^{-6}.$$

Téngase en cuenta que la ecuación [4] se modifica, puesto que sería

$$\delta = K \frac{2l}{r} g \theta^2,$$

y el procedimiento pide la determinación de una constante instrumental, el coeficiente $2Kl : r$, función de las condiciones mecánicas, K, y disposición, $l : r$, de la instalación.

Una dificultad que presenta el método, puesto que el registro no es continuo, según ya hemos indicado, es el conocimiento del orden de los intervalos Δ_1, Δ_n, $\Delta_{n'}$..., inscriptos en la placa.

Aunque hemos ideado el medio de resolver rigurosamente este problema, nada indicamos por ahora, puesto que siendo los números n'-n, n''-n'..., enteros y no muy elevados, un conocimiento aproximado tan sólo, que siempre se tiene, de los valores g y θ permite en un avance de cálculo determinar los valores enteros de n'-n... necesarios para el cálculo de δ.

En cambio se utilizan alturas de caída muy moderadas, pues en el ejemplo citado podíamos obtener cuatro o cinco impresiones sobre la placa, con un recorrido menor de metro y medio. Esto permitirá una instalación muy manejable y que se presta a adoptar las precauciones experimentales convenientes para que la ley de caída sea aplicable, ya que todo el mecanismo queda reducido a producir el movimiento de giro de un pequeño espejo, y el conjunto mecánico es reducido y fácilmente protegible y aislable.

***

Un procedimiento para medir la velocidad de la luz.—Un experimento de cátedra despertó en mí la idea del método que vamos a exponer: se trataba sencillamente de proyectar las curvas de Lissajous, utilizando dos diapasones mantenidos eléctricamente. Es un fenómeno ya clásico, que si los períodos de los diapasones guardan una relación sencilla y constante, se observa en la pantalla la curva de Lissajouss correspondiente, permaneciendo estacionaria; si la relación entre los períodos es más complicada, cociente de dos números enteros algo grandes, la curva es complicadísima, puesto que no se cierra sino tras un número grande de oscilaciones. Pues bien, operando con dos diapasones que tengan casi el mismo período, o guarden entre sí una relación muy sencilla ($^2/_3$, $^3/_4$...), la apariencia es la curva de tipo más sencillo, que en vez de parecer estacionaria por las superposiciones sucesivas, se modifica en su forma, evolucionando a las del mismo tipo, que corresponden a diferencias de fases variables y crecientes.

Así, por ejemplo, dos diapasones que corresponden al mismo número de vibraciones dan una elipse en general, pero según la diferencia de fase

inicial, el aspecto de la elipse es variable entre las dos rectas simétricas, que se producen para diferencias de fase 0, $\frac{T}{2}$ ... Sea cualquiera la fase inicial, la elipse parece fija cuando los dos diapasones conservan su igualdad de períodos; pero, si se produce una alteración en uno de ellos, la elipse parece moverse, evolucionando y pasando por todas las fases. El paso por la forma rectilínea es muy preciso y se presta admirablemente para la medida de *pulsaciones ópticas*, designando por esta palabra los pasos consecutivos por la fase *recta*.

Si se mide el tiempo entre dos pasos consecutivos por igual fase se tiene un método de grandísima precisión para la comparación de dos diapasones; y por retoque de los diapasones, hasta conseguir que la curva sea estacionaria, se tiene un método práctico y preciso, utilizable por los constructores, para conseguir un diapasón de período dado.

La observación de este cambio de fase, y su gran sensibilidad, me sugirió la idea de que si los dos diapasones se reglaban de modo que la recta, por ejemplo, permaneciese estacionaria, una diferencia de fase pequeñísima se apreciaría fácilmente por la aparición de la elipse, y que esta pequeña diferencia de fase podía ser debida a un retraso en la llegada del rayo luminoso al segundo diapasón, debido al tiempo de propagación de la luz, lo que constituiría un nuevo método para medir la velocidad de la luz.

El fundamento se comprende ya sin nuevas explicaciones. Las dos vibraciones rectangulares definidas por

$$x = a \operatorname{sen} 2\pi \frac{t}{T}, \qquad y = b \operatorname{sen} 2\pi \frac{t+\tau}{T}$$

dan para fase inicial $\tau = o$ la recta de coeficiente angular

$$y : x = b : a,$$

y si el rayo luminoso recorre un espacio e antes de llegar al segundo diapasón, siendo $\tau = \frac{e}{V}$ y V la velocidad de la luz, se obtendrá una elipse correspondiente a la diferencia de fase τ, elipse que tiene por abscisas en el origen

$$y_0 = \pm b \operatorname{sen} 2\pi \frac{\tau}{T},$$

o por ordenadas

$$x_0 = \pm a \operatorname{sen} 2\pi \frac{\tau}{T}.$$

Si se registra fotográficamente la recta y la elipse, puede medirse Y_0 y X_0 con gran precisión, y deducir de uno u otro, y mejor de ambos el valor de τ. Basta la medida del espacio e, intercalando como trayecto para el rayo luminoso, para deducir

$$V = \frac{e}{\tau}.$$

La disposición esperimental puede modificarse según los medios de que disponga el observador y el procedimiento que adopte de observación visual o registro fotográfico, para medir los elementos ya citados de la elipse.

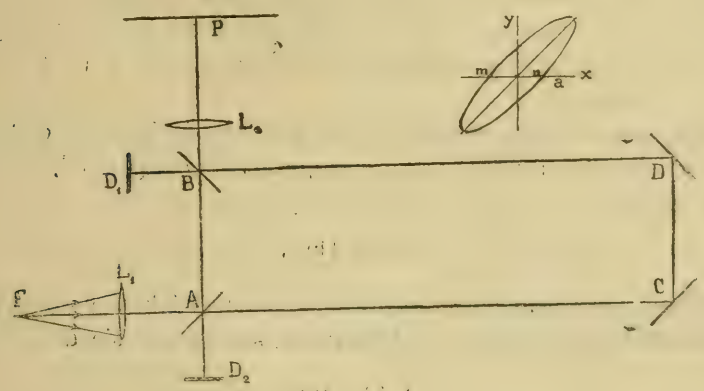
En esencia se reduce el método a disponer los dos diapasones, terminados en su ramas en superficies planas especulares, de modo que sus planos de vibración sean perpendiculares; desdoblar el rayo luminoso después de reflejarse en el primero en otros dos rayos, uno de corto trayecto e_0 y otro de gran recorrido e_1 que vuelven a caer superpuestos sobre el segundo diapasón; y observar o proyectar la imagen resultante, puestos en vibración ambos diapasones. El camino e_1-e_0 es el que ha dé medirse para el cálculo de V.

Un medio práctico sería: utilizar una abertura de muy pequeño diámetro (0,02 mm.) que sirva como foco puntual, iluminándola fuertemente; el cono luminoso que salga de dicho orificio F, recogerlo con una lente L_1, que tenga su foco principal en F, y con abertura suficiente para que el haz de rayos paralelos que saldrá de ella, cubra el espejo del primer diapasón, teniendo en cuenta que por la vibración, éste presenta una superficie mayor que si estuviera en reposo. El haz de rayos paralelos después de reflejarse en el primer diapasón, cuyo plano de vibración suponemos horizontal, caen sobre una lámina plano-paralela a 45° que desdobla en haz en dos: uno que cae directamente sobre el segundo diapasón, cuya vibración descubre plano vertical, y otro haz que, después de recorrer un largo trayecto, se superpone con el primero para caer sobre el segundo diapasón. La luz reflejada en el segundo diapasón es recogida por un anteojo, con tornillo micrométrico para medidas visuales, o mejor por un objetivo para fotografiar las curvas correspondientes. La orientación de la placa fotográfica se consigue fácilmente cortando la corriente que mantenga uno de los diapasones, con lo que tendríamos tan sólo una recta vertical u horizontal debida a la vibración del otro diapasón. Así conseguimos en el registro fotográfico tres líneas: una recta, la correspondiente a la vibración de su diapasón; otra recta inclinada respecto a la anterior, debida a la composición de ambos con diferencia de fase cero, y una elipse debida a

la diferencia de fase que la luz establece entre ambas vibraciones por emplear un tiempo τ en el recorrido del espacio intercalado $e = e_1 - e_0$.

Dicho se está que nuestro razonamiento sobre un caso concreto, no obliga a que se utilice como curva de referencia la recta de fase cero, ni tampoco excluye el operar con diapasones, cuyos períodos guarden otra relación. El método es aplicable en todo caso.

Debe tenerse en cuenta la conveniencia de obtener gráficas de trazo lo más delicado posible, pues de su finura depende la precisión de la medida; y no debe olvidarse que al utilizar lámina-plano paralela, para la duplicación del rayo, existe una desigualdad grande de intensidad entre los



1 Fig.

rayos reflejados y transmitidos; esto puede evitarse con un plateado parcial de la superficie reflectante o por compensación conveniente, cual indicamos a continuación.

En la figura 1.ª damos un proyecto de instalación para aplicar este método. En ella F es el foco puntual, que mediante L_1, lente convergente, envía un haz de rayos paralelos que, atravesando la lámina A, después de reflejarse en los espejos planos CD y atravesar la lámina B, cae sobre el diapasón D_1. Después de reflejarse en este primer diapasón, vuelve el haz luminoso a B, donde se bifurca en dos: uno (reflexión en B), el BA que cae sobre el segundo diapasón D_2, y reflejado en él vuelve, según AB, para formar en P la curva de Lissajouss mediante la lente L_2, de gran abertura y distancia focal larga; y otro BDCA que, por reflexión en A, cae asimismo sobre D_2, se refleja y sigue el camino AB para producir en P la proyección.

Entre ambos rayos, que caen perpendicularmente a la posición normal

de los espejos D_1 y D_2 de los diapasones, y que van en idénticas condiciones, pues los dos se han reflejado una sola vez en el trayecto entre ambos diapasones, se ha intercalado un camino

$$BDCA - BA = 2BD.$$

Medida esta distancia,

$$2BD = V\tau,$$

determina V velocidad buscada, cuando hayamos calculado τ por la reducción del cliché P, que contiene las gráficas, aplicando las fórmulas dadas.

Un ejemplo numérico permitirá mejor examinar la mayor o menor bondad del procedimiento. Operando con abertura F sumamente fina y con objetivo L_2 de unos tres metros de distancia focal, pueden conseguirse curvas en la placa fotográfica, con amplitud $a = 6$ cm. y un grosor del trazo de 0,06 mm.

Estas líneas pueden medirse con una precisión de 0,01 mm. en la apreciación de las desviaciones x_0, y_0, o mejor aun en mn (fig. 1.ª)

Si se hace

$$BD = 3 \text{ km.},$$

la distancia introducida como recorrido de la luz es 6 km., y en las condiciones citadas para amplitud a de la curva, resulta que, siendo

$$\tau = 2 \,.\, 10^{-5} \text{ segundos},$$

y utilizando un diapasón de período

$$T = 2 \,.\, 10^{-3},$$

el valor de mn es:

$$mn = 7{,}5 \text{ mm.},$$

longitud que puede medirse, precisando 0,01 mm., con una aproximación de 1 : 750.

Una determinación con la distancia moderada de 150 metros para BD permite, si se opera con objetivo de $f_2 = 6$ metros, conseguir desplazamientos $mn = 0{,}7$ mm.

Calculemos la influencia en el resultado final de cada uno de los datos y medidas que han de utilizarse. Prescindimos del error que pueda cometerse en la medida del trayecto recorrido por la luz, ya que puede ser muy pequeño, y suponiéndolo precisado a $^1/_{1000}$, calculemos el error del método.

Siendo

$$mn = 2a \operatorname{sen} 2\pi \frac{\tau}{T},$$

y suponiendo

$$a = 5 \text{ cm.},$$

longitud práctica para adoptarla, resulta con aproximación suficiente, ya que suponemos que τ es una fracción de T

$$\Delta\delta = \frac{12\tau}{T} \Delta a \pm \frac{60}{T} \Delta\tau \pm \frac{60\tau}{T^2} \Delta T;$$

luego el error relativo en τ

$$\frac{\Delta\tau}{\tau} = 0{,}016 \frac{T}{\tau} \Delta\delta \pm 0{,}2\Delta a \pm \frac{1}{T} \Delta T.$$

Vemos que el error de $\frac{\Delta T}{T}$ es el mismo error relativo que produce en el resultado final, esto es, que si conocemos a 1 por 1.000 el valor del T empleado, esa precisión es la que producede en la determinación de $\frac{\Delta\tau}{\tau}$. Además, conviene el empleo de un diapasón de período muy corto o de gran número de vibraciones por segundo, puesto que se determina un valor de τ que es una fracción de T. Si se utiliza, por ejemplo, lo que es práctico para la medida

$$\frac{T}{\tau} = 25.$$

tendríamos para influencia de las medidas lineales hechas sobre la placa fotográfica

$$0{,}4 \,.\, \Delta\delta \pm 0{,}2\Delta a.$$

Admitiendo como límite de precisión en

$$\Delta a = 0{,}01 \text{ mm.},$$

podemos medir a contando con la media décima de milímetro, y sería

$$\Delta a = 5 \,.\, 10^{-3},$$

y en δ, siendo más pequeña que a, una precisión doble daría

$$\Delta\delta = 2{,}5 \,.\, 10^{-3};$$

y en una serie de medidas podríamos precisar el resultado final a 1 por 1.000, que es la precisión supuesta en las otras medidas.

Fácilmente se comprende que utilizando reflexiones múltiples puede operarse a menor distancia con igual precisión, así como utilizando vibraciones más rápidas. Igualmente será práctico y permitirá operar a distancias más reducidas, el proyectar curvas de mayores dimensiones, ya que, aunque se pierda alguna precisión en la medida de a por separarse más del centro de la placa, en cambio mn es siempre de pequeñas dimensiones; y ya hemos visto que la influencia de Δa es menor que la del error cometido en mn.

Otro método.—Hemos visto que el fundamento del procedimiento an-

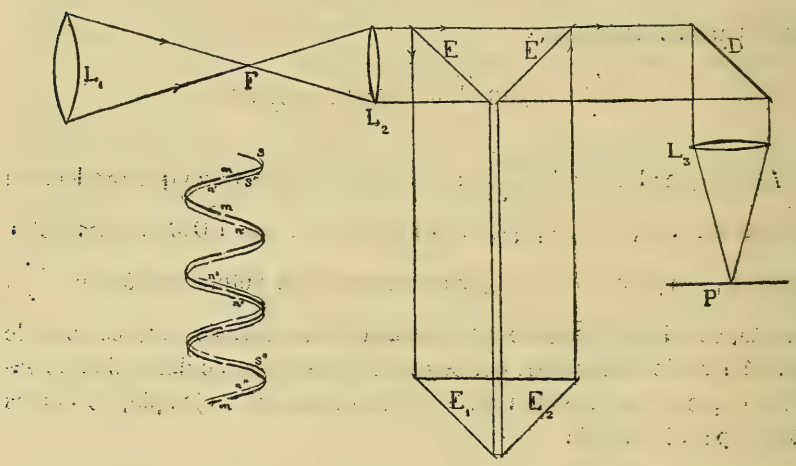


Fig. 2

terior es establecer una diferencia de fase, por la diferencia de caminos recorridos por la luz. Tal principio, unido a la discusión hecha en la primera parte de este trabajo, permite resolver el problema de la medida de la velocidad de la luz, siguiendo otro método de desarrollo de inscripción óptica, que vamos a exponer.

Sea L_1 (fig. 2), una lente que, recogiendo un haz luminoso procedente de un foco muy intenso, forma en F un foco puntual; el cono de rayos luminosos que parte de F es recogido por otra lente L_2, con foco principal en F, y de ella saldrá un haz de rayos paralelos, haz que es dividido en dos, por ejemplo, por intercalación de un espejo plano E que intercepta la mitad del haz.

Tenemos ahora dos recorridos del haz luminoso: uno, el que lleva directamente los rayos al diapasón D, cuyo plano de vibración es el del dibujo, y en el que D representa una superficie especular que termina una

de sus ramas; y otro recorrido, el que resulta de reflejarse en E, y después de hacerlo en E_1 y E_2, volver, tras nueva reflexión, en E', a superponerse al primer haz. Ambos trayectos presentan una diferencia de recorrido

$$e = 2EE_1.$$

Superpuestos ambos haces y reflejados en D, la lente objetivo L_3 forma en la película fotográfica P una imagen puntual. Al desarrollar con movimiento uniforme la película, pasando por P normalmente al dibujo, se producirá una traza lineal; al poner en vibración D se originará una sinusoide, en la que se superpone la luz de ambos semihaces. Un movimiento de los tornillos de corrección de E' permite desplazar ligeramente las dos sinusoides, elevando o descenciendo la sinusoide que procede de la luz reflejada en los espejos, respecto a la producida directamente.

Ambas sinusoides, siendo de trazo continuo, no permiten establecer una diferencia de fase necesaria para nuestro método; pero instalemos en F un obturador que intercepte la luz, y entonces tendremos una señal de referencia, por interrupción o producción del trazo sinusoidal. Para conseguir un número crecido de referencias, el obturador puede consistir en una especie de rueda dentada, en un disco terminado en estiletes o agujas, que produzcan una interrupción del trazo, fina para que se preste a medida delicada como señal de referencia. Si m es la frecuencia o revoluciones por segundo del disco, que gira alrededor de un eje paralelo al del cono de rayos luminosos, y n son los estiletes del contorno que producen la obturación, mn será el número de interrupciones que presentará la sinusoide en cada segundo.

Observemos que una interrupción o referencia de la sinusoide, que corresponde al instante t, en que el diapasón da para ordenada de la sinusoide el valor

$$y = a \operatorname{sen} 2\pi \frac{t}{T},$$

sobre la gráfica directa, es la misma interrupción que por recorrer el trayecto

$$e = 2EE_1$$

la luz, llega retrasada al diapasón en un tiempo

$$\tau = \frac{e}{V}$$

sobre la segunda gráfica, dando la ordenada

$$y' = a \operatorname{sen} 2\pi \frac{t + \tau}{T};$$

luego, siendo medibles a, y e y', estas ecuaciones nos determinarán el valor de τ y resolverán el problema. En la fig. 2.ª damos una indicación de cómo puede disponerse el registro fotográfico; el valor de y' conviene duplicarlo para evitar errores experimentales, operando unas veces con el trazo s' y otras con s'', mediante la corrección que indicamos podía darse al espejo E'.

En el dibujo suponemos que se producen tantas interrupciones como semivibraciones, y que coinciden, aproximadamente, con la posición de equilibrio del diapasón, que son las circunstancias más favorables para conseguir mayor exactitud.

Debemos llamar la atención de que en este procedimiento no se requiere conocer con exactitud el movimiento del disco obturador, ni la velocidad de deslizamiento de la película; que ambas velocidades son moderadas; que no existen condiciones mecánicas que satisfacer en la instalación, como en otros métodos, ni ajustes delicados, ya que lo único que ha de ser bien conocido es el movimiento del diapasón, y, por último, que pudiendo ampliar cuanto convenga, según el objetivo L_3 empleado, las dimensiones lineales de la amplitud de la vibración a, podemos utilizar diapasones de vibración rápida, por ejemplo, de unas mil vibraciones, o sean 2.000 semioscilaciones, y de mayor número aún.

Finalmente, como el trayecto del haz luminoso se consigue por reflexión metálica especular, pueden utilizarse varias reflexiones y reducir la distancia e, utilizando en vez de

$$e = 2EE_1$$

otro valor

$$e = 2nEE_1.$$

Así podemos conseguir, por ejemplo, disponer de

$$e = 1 \text{ km}.$$

con distancia

$$EE_1 = 100 \text{ m}.$$

haciendo

$$n = 5.$$

La única constante que ha de conocerse con precisión es T, período del diapasón, y puede determinarse simultáneamente, utilizando la misma disposición experimental descripta. Para ello basta reemplazar el obturador por un péndulo, estudiado por observación astronómica, según hemos descripto en la primera parte de esta nota; como sería poco práctico

el cambio de posición del péndulo, que debe tener una instalación fija, puede efectuarse toda la instalación de modo que se disponga de dos focos conjugados, el F y otro F', uno de los cuales es obturado por la oscilación pendular y el otro por el obturador. Más práctico tal vez será disponer un obturador único en F que funcione eléctricamente, mandando dos corrientes, una enlazada con un motor, de modo que su funcionamiento dependa del período de revolución de éste, y otra enlazada al péndulo eléctrico de referencia. Así estaremos a cubierto de las causas accidentales que puedan alterar T, ya que su valor será conocido en el momento mismo de la determinación.

Pongamos un ejemplo numérico que nos dé una idea del alcance del método. Sea

$$a = 10 \text{ cm.}, \qquad T = 10^{-3};$$

para $t = 0$, y operando con

$$e = 10 \,.\, EE_1 = 10 \times 500 \text{ m.} = 5 \text{ km.}$$

se obtiene

$$\tau = 1{,}7 \,.\, 10^{-5}, \qquad y' = 1{,}066 \text{ cm.},$$

esto es, una separación de la posición central de 10,66 mm.; y operando con

$$e = 10 \times 50 \text{ m.} = 500 \text{ m.},$$
$$y' = 1{,}08 \text{ mm.},$$

que permite esperar precisiones de 1 : 1.000 y 1 : 100.

Esta precisión podrá aumentarse teniendo en cuenta que los valores finales de y', no procederán de una sola medida, sino de un número muy crecido de ellas, si además se manejan tales medidas de modo conveniente para aumentar la precisión y eliminar los posibles errores accidentales y sistemáticos (p. ej., se obtienen en la gráfica impresiones para $+ y'$ y $- y'$, etcétera).

Además en estos ejemplos utilizamos distancias moderadas de 500 y 50 metros, respectivamente.

***

Para terminar, indicaremos que algunas de las ideas expuestas pudiera conducir tal vez a resultados interesantes, empleando métodos de reiteración, ésto es, por superposición o repetición del fenómeno. Expliquemos nuestro pensamiento, que nos limitamos a bosquejar.

Si un rayo luminoso cae sobre un espejo, que termina una de las ramas de un diapasón, y la dirección que marca la incidencia es la de la normal al espejo, cuando éste está en reposo, dicho rayo luminoso se refleja desviándose de su primitiva dirección, que tomamos de referencia, un ángulo doble del movimiento de la normal.

Siendo el ángulo descripto por la normal

$$n = a \operatorname{sen} 2\pi \frac{t}{T},$$

tendremos para dirección del rayo reflejado

$$\alpha_1 = 2a \operatorname{sen} 2\pi \frac{t}{T}.$$

Imaginemos que el rayo reflejado, después de recorrer un trayecto en el que la luz emplea un tiemp τ, vuelve a caer, en el instante $t + \tau$, sobre el espejo del diapasón y en la misma dirección, α, en que salió. Llamando α_2 al ángulo que fija su posición, después de reflejarse por segunda vez, es elemental que

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 2n_1,$$

siendo n_1 el nuevo ángulo que forma ahora la normal

$$n_1 = a \operatorname{sen} 2\pi \frac{t + \tau}{T}.$$

Y si el proceso se repite para múltiples reflexiones, tendremos, en general,

$$\alpha_{s-1} + \alpha_s = 2n_{s-1},$$

o bien

$$\alpha_s = 2n_{s-1} - \alpha_{s-1},$$

que, por sustitución de los valores de n_{s-1}, α_{s-1}, α_{s-2}..., α_2, α_1 nos da

$$\alpha_s = 2a\left(\operatorname{sen} 2\pi \frac{t + (s-1)\tau}{T} - \operatorname{sen} 2\pi \frac{t + (s-2)\tau}{T} + \ldots \right.$$
$$\left. \pm \operatorname{sen} 2\pi \frac{t + 2\tau}{T} \mp \operatorname{sen} 2\pi \frac{t + \tau}{T} \pm \operatorname{sen} 2\pi \frac{t}{T}\right),$$

para expresión general de la desviación angular, después de s reflexiones en el diapasón.

Es fácil demostrar que el movimiento del último rayo reflejado, cualquiera que sea s, es periódico con el mismo período T del diapasón, pero

con fase y amplitud variable, según el número de reflexiones s que se hayan verificado.

Omitiendo el cálculo, damos el resultado para un número pequeño de reflexiones, puesto que en la práctica, por las pérdidas de luz, no podrán utilizarse valores de s muy elevados. Así tenemos que

$$\alpha_1 = (2a) \operatorname{sen} 2\pi \frac{t}{T}$$

$$\alpha_2 = \left(4a \operatorname{sen} \pi \frac{\tau}{T}\right) . \cos 2\pi \frac{t + \frac{\tau}{2}}{T}$$

$$\alpha_3 = \left[2a\left(2 \cos \pi \frac{2\tau}{T} - 1\right)\right] . \operatorname{sen} 2\pi \frac{t + \tau}{T},$$

$$\alpha_4 = \left[4a\left(\operatorname{sen} \pi \frac{3\tau}{T} - \operatorname{sen} \pi \frac{\tau}{T}\right)\right] . \cos 2\pi \frac{t + \frac{3\tau}{2}}{T},$$

$$\alpha_5 = \left[2a\left(2 \cos \pi \frac{4\tau}{T} - 2 \cos \pi \frac{2\tau}{T} + 1\right)\right] . \operatorname{sen} 2\pi \frac{t + 2\tau}{T},$$

$$\alpha_6 = \left[4a\left(\operatorname{sen} \pi \frac{5\tau}{T} - \operatorname{sen} \pi \frac{3\tau}{T} + \operatorname{sen} \pi \frac{\tau}{T}\right)\right] . \cos 2\pi \frac{t + \frac{5\tau}{2}}{T}$$

.....

Examinando estas expresiones en relación con los problemas que estudiamos, en los que τ es muy pequeño respecto a T, los arcos que entran en las amplitudes, escritas entre paréntesis en α, son muy pequeños:

$$\pi \frac{\tau}{T}, \quad \pi \frac{2\tau}{T}, \quad \pi \frac{3\tau}{T} \ldots, \quad \pi \frac{n\tau}{T},$$

y esto hace que los valores extremos de la α se distribuyan: los de orden impar, próximos a

$$\alpha_1 = \pm 2a$$

y los de orden par alrededor de la posición media de equilibrio.

Así, por ejemplo, cuando se intercala entre cada dos reflexiones un trayecto de un kilómetro, si

$$T = 10^{-3}, \quad \frac{\tau}{T} = \frac{1}{300};$$

y si se recoge el rayo reflejado en una pantalla, de modo que el movi-

miento inicial α, procedente de una sola reflexión en el diapasón produzca una traza rectilínea de anchura

$$a_1 = 10 \text{ cm.}$$

en igualdad de condiciones para la proyección se obtiene para

$$a_3 = 9{,}995 \text{ cm.}, \qquad a_5 = 9{,}991 \text{ cm....};$$

esto es, impresiones que casi se confunden con la primitiva, mientras que dan los valores

$$a_2 = 2{,}1 \text{ mm.}, \quad a_4 = 4{,}2 \text{ mm.}, \quad a_6 = 6{,}3 \text{ mm....},$$

huellas distribuídas alrededor de la posición central, fácilmente medibles. Así como los valores impares, en estas condiciones, no se prestan a medidas experimentales, los de orden par si, pues si la proyección fuera con

$$a_1 = 20 \text{ cm.},$$

dimensión fácilmente conseguible, tendríamos que

$$a_6 = 12{,}56 \text{ mm.}$$

es longitud medible en un registro fotográfico con gran precisión.

Este método de reiteración podría aplicarse también recogiendo el rayo luminoso, que salió del diapasón formando un ángulo α_1 con la primitiva dirección de la normal, y después de recorrer un trayecto, que suponga un retardo τ, haciéndole caer nuevamente sobre el mismo diapasón, formando asimismo un ángulo α_1; pero no en la dirección de salida, sino en la simétrica, esto es, formando el ángulo $-\alpha_1$.

Entonces subsiste la expresión

$$2n_1 = \alpha_1 + \alpha_2,$$

que ahora, por el cambio de signo, es

$$2n_1 = \alpha_2 - \alpha_1;$$

pueden repetirse los razonamientoo anteriores, y se obtiene para fórmula general, que da la desviación tras s reflexiones en el diapasón.

$$\alpha_s = 2a\left(\operatorname{sen} 2\pi \frac{t+(s-1)\tau}{T} + \operatorname{sen} 2\pi \frac{t+(s-2)\tau}{T} + \ldots + \operatorname{sen} 2\pi \frac{t+\tau}{T} + \operatorname{sen} 2\pi \frac{t}{T}\right),$$

expresión que difiere tan sólo de la obtenida más arriba en que aquélla tiene sus términos alternativamente positivos y negativos.

El resultado es también una oscilación periódica del rayo luminoso,

del mismo período T, y cuyas amplitudes varían, no distribuyéndose como antes, según fueran de orden par o impar, sino siguiendo una ley única. Los valores de la amplitud por reflexiones sucesivas van aumentando, pero el efecto es debido a la duplicación de la desviación por cada reflexión especular, siendo casi inapreciable la influencia de τ.

Así, con los mismos datos del ejemplo último, se encuentra

$$a_1 = 10 \text{ cm.},$$
$$a_2 = 19{,}999,$$
$$a_3 = 29{,}996,$$
$$a_4 = 39{,}994,$$

valores que hacen suponer que el proceso de reiteración, en tales condiciones, no parece aplicable, al menos, de un modo directo.

Contribución a la revisión del peso atómico del carbono. Determinación de la densidad normal del gas etileno

por

Tomás Batuecas

Trabajos anteriores acerca de las propiedades físicoquímicas del gas etileno

A pesar de ser numerosos los trabajos sobre las propiedades físicoquímicas del etileno, no son muchas las Memorias que tratan de su densidad, y es de los hidrocarburos gaseosos más corrientes aquel cuya densidad es menos conocida. Los datos existentes, en su mayoría antiguos, y, por consiguiente, referidos al aire tomado como unidad, son los que siguen: Henry (1) halló que un litro de gas olificante pesa próximamente 1,2790 a 0° y 760 mm. de presión. Deimann encontró para el peso del litro 1,1752. Th. Thomson, 1,2552. Saussure (2), por el método del matraz y empleando la reacción del ácido sulfúrico sobre el alcohol ordinario, obtiene para densidad del etileno, con relación al aire, 0,9850; como el peso del litro de aire, que también determinó en el mismo lugar, es 1,228 gramos a 12,5° y 760 mm., resulta que el peso del litro de etileno, en estas condiciones de presión y temperatura, es: L = 1,2098; o, bien, referidos a 0°, L = 1,2519. Modernamente hiciéronse nuevas determinaciones. Bretschger (3) encontró para densidad del etileno, con relación al aire, 0,9724, que, convertido en litro normal, da L = 1,2573; el gas ha sido preparado por la reacción del bromuro de etileno sobre el cinc y lavado a través de aceite de olivas, lejía de potasa y agua, sin someterlo a ninguna purificación física. El valor obtenido Bretschger es bajo, debido,

---

(1) *Bibl. Brit. Sciences et Arts.* XLI, pág. 324.
(2) *Ann. Chim.* LXXVIII, pág. 57, 1811.
(3) *Inaug. Dissert.* Zurich, 1911.

sin duda, a la presencia de hidrógeno; en efecto, la cantidad de éste que acompaña al etileno, es tanto mayor cuanto mayor es la cantidad de agua que el alcohol contiene. Y aunque el autor dice que después de la pesada absorbe el etileno por agua de bromo, y mide la cantidad de hidrógeno por la combustión en un capilar de platino de Drehschmid y queda siempre la sospecha de que alguna porción de hidrógeno haya escapado a la combustión. Recientemente Knut Stahrfoss ha determinado en Ginebra la densidad normal del etileno empleando todos los perfeccionamientos de la técnica moderna y operando con gas purificado por destilación fraccionada (1). El valor hallado, L = 1,2607, concuerda con el calculado por A. Leduc (2); este último encuentra para la densidad, con relación al oxígeno, 0,9824, que convertido en litro normal da L = 1,2609. Además de que Stahrfoss sólo ha obtenido el etileno por un solo procedimiento—reacción del ácido fosfórico sobre el alcohol—, y que no realizó sino tres series de medidas, las indicaciones del barómetro utilizado eran poco exactas, y así el valor obtenido debe ser mirado como provisional.

A la temperatura del aire líquido el etileno puro es un cuerpo sólido blanco, cristalizado en el sistema monoclínico, con doble refracción, según Wahl (3); destila pasando por el estado líquido (incoloro); su punto de fusión es, según Olszewski y Ladenburg, 169°; el de ebullición, según Cailletet, 105°; 102,5°, según Ramsay y Travers; 105,4°, según Ladenburg y Krügel.

Los trabajos de Bone y Coward y los de Ipatiew, demuestran que el etileno es un compuesto bastante estable; conforme a las opiniones de este último, a temperaturas comprendidas entre 400 y 450°, se efectúa una polimerización, convirtiéndose en hidrocarburos elevados de la serie C_nH_{2n}. La descomposición del etileno entre 570 y 580° es muy compleja, formándose metano en gran cantidad, que aumenta continuamente, en tanto que las cantidades de hidrógeno y etano alcanzan un máximo para luego decrecer. Es interesante la formación de acetileno a esta temperatura, el cual se polimeriza formando hidrocarburos aromáticos; esto lo distingue del etano, el que, en lugar de hidrocarburos aromáticos, da carbono. A 950°, y más rápidamente a 1,180°, el etileno se descompone dando carbono, hidrógeno y metano, con algo de acetileno.

Según Berthelot y Gaudechon (4), las radiaciones ultravioleta (lámpara

---

(1) *Thèse*. Christianía, 1914.
(2) *C. r. d. l'Acad. d. sciences*, *148*, 159, 1909.
(3) *Proc. Royal Soc.* London, *38*. Serie A, 327-29, 1913.
(4) *C. r. d. l'Acad. d. sciences*, *150*, 1169-72.

de mercurio) actúan sobre el etileno, polimerizándole y produciendo un líquido de olor parecido a las grasas rancias, que hierve algo por encima de 100°. Kleeman ha demostrado que los rayos α y β descomponen el etileno en sus elementos.

A 20°, y por la acción de la descarga eléctrica obscura, ha demostrado Collie (1) que el etileno se polimeriza, dando hidrógeno y un líquido. En idénticas condiciones y mezclado con CO_2 produce algo de formaldehido y acroleína e hidrocarburos de punto de fusión elevado; los valores obtenidos por Mixter (2) para el calor de descomposición molecular son muy discordantes; los más aceptables son de 11.200 cal., a volumen constante, y 10.600 cal. a presión constante.

Los trabajos de Bone y Andrew (3) ponen de manifiesto que una mezcla de etileno y oxígeno cuidadosamente desecada a través de P_2O_5 destilado, y en un grado de desecación que la reacción entre O y H casi no se produce, reacciona a 525°. Según Taffanell y Le Floch (4), a 487° se produce la combustión del etileno en una proporción de 4,5 a 6,5 por 100.

El ozono actúa a O° sobre el etileno, formando, según Drugman (5), un compuesto de adición muy explosivo, que se descompone con facilidad, dando productos de oxidación de un solo átomo de carbono. Comparando con los resultados de Harries, es probable que semejante producto de adición sea un ozónido, cuya descomposición es mucho más complicada que la de los ozónidos ordinarios.

Preparación del etileno

En dos grupos pueden dividirse los métodos aquí seguidos para la preparación del gas etileno:

1.° Métodos fundados en la deshidratación del alcohol etílico por los ácidos.

2.° Métodos basados en la deshidratación del etanol por la alúmina o el sulfato de aluminio.

Fundamentalmente ambos grupos de métodos no difieren entre sí, porque en unos y otros prodúcese el etileno mediante una acción deshidra-

1) *Proc. Chem. Soc.*, *21*, 201-202.
(2) *Am. J. Science*. Silliman [4], *12*, 347-57.
(3) *Proc. Chem. Soc.*, *22*. 78; *J. Chem. Soc.* London, *89*, 652-59.
(4) *C. r. d. l'Acad. d. sciences*, *157*, 469-71.
(5) *Proc. Chem. Soc.*, *22*, 163-64; *J. Chem. Soc.* London, *89*, 939-45.

tante del alcohol etílico. Al primer grupo pertenecen los tres métodos de preparación seguidos en esta Memoria, y al segundo, los dos últimos. En todos se utiliza el etanol como elemento de reacción, por lo cual acompañará siempre al etileno obtenido, juntamente con las demás impurezas originadas en la reacción. Su eliminación por vía física no presenta inconvenientes de monta, dada la facilidad con que se condensan los vapores de alcohol.

PRIMER MÉTODO.—La reacción aquí utilizada es la deshidratación del alcohol etílico por ácido fosfórico, ya estudiada por Pelouze (1), Newth (2) y Stahrfoss (3). Pelouze observa que hay perfecta analogía entre las acciones de los ácidos sulfúrico y fosfórico sobre el alcohol, y además prueba la existencia del ácido fosfovínico, análogo al sulfovínico. Sus experimentos prueban que la descomposición del ácido fosfovínico es mucho más difícil que la del sulfovínico, siendo esto y no la inercia del ácido fosfórico lo que explica la exigua producción del éter, puesto que a la temperatura del hielo fundente el contacto del alcohol y el ácido produce gran cantidad de ácido fosfovínico. La acción del ácido fosfórico sobre el alcohol varía con la concentración de ambos cuerpos, sus cantidades respectivas y la temperatura a que se somete la mezcla, hecho ya observado por Lassaigne (4) y confirmado por Pelouze y Newth. El ácido de $d = 1,2$ no ataca al alcohol, sea cualquiera la concentración de éste; y si, al contrario, es concentrado, con una consistencia de jarabe espeso, y se le calienta con la quinta parte de su peso de alcohol, hay viva efervescencia, produciéndose gran cantidad de bicarburo de hidrógeno, aceite dulce de vino y la mezcla se obscurece notablemente por consecuencia de la separación de carbón en forma de copos negros. El ácido que parece convenir mejor es el de $d = 1,75$, que hierve a 160°. Se le hace hervir a esta temperatura unos minutos, y luego se hace caer el alcohol gota a gota; el desprendimiento de etileno se produce en seguida, siendo rápido, según Stahrfoss, a la temperatura de 220 a 230°. Newth ha observado la formación de un fosfuro de hidrógeno, y además que el vidrio resulta atacado por el ácido fosfórico.

El alcohol utilizado procedía del comercio (alcohol *bon goût* fabricado en Ginebra), y fué purificado hirviéndolo primero sobre barita cáustica durante largo tiempo con refrigerante de reflujo, destilado luego una vez,

---

(1) *Ann. Chim.*, *52*, pág. 37, 1832.
(2) *J. of the Chem. Soc. Transactions*, pág. 915, 1901.
(3) Loc. cit.
(4) *Ann. Chim.*, *13*, 294, 1820.

tratado por MnO_4K, y redestilado, finalmente, sobre Ca metálico. Sólo fué aprovechada la porción media de cada destilación. Con este alcohol, así purificado, se preparó el etileno durante el curso de todo este trabajo.

El aparato utilizado en el primer método está construído enteramente de vidrio soldado, formando una pieza única, y va provisto de llaves que sirven para aislarle de la atmósfera. El esquema del aparato se indica en la figura 1.ª

El aire del aparato se expulsa haciendo el vacío con una trompa de agua y luego con otra de mercurio, a través de la llave *r;* el matraz generador A, de medio litro de capacidad, que contiene el ácido fosfórico (de 90 a 100 gramos), debe llevar un tubo, terminado en punta casi capilar, que llegue hasta muy cerca del fondo, pues como dice Stahrfoss (1), y hemos confirmado en una indagación preliminar, si el tubo del embudo de llave no llega hasta el fondo, el alcohol se evapora sin producir etileno. El matraz se calienta en baño de limaduras de hierro, pudiendo regular bastante bien la temperatura. Se comienza por calentar el ácido fosfórico de consistencia siruposa, hasta la temperatura de 200 a 220°, añadiendo entonces el alcohol gota a gota hasta que la reacción se inicie; y llegado este punto, la temperatura puede bajarse hasta 160 a 170°, sosteniéndola durante el período de desprendimiento gaseoso. Si la temperatura es superior, la reacción prodúcese muy viva, formándose abundante espuma amarilla. Regulando la temperatura y la entrada del alcohol se consigue un buen desprendimiento de gas, que se hace pasar por el condensador C_1, el cual contiene una disolución concentrada de potasa cáustica (al 1 por 1), enfriado exteriormente, colocándolo en un vaso con hielo y agua, para retener, a lo menos parcialmente, el éter y el alcohol, y luego por el condensador C_2 introducido en un vaso de Dewar conteniendo la mezcla carbónico-etérea, donde quedan condensados el vapor de agua, éter y alcohol, que aun pudieran acompañar al gas. Al cabo de algún tiempo se forma en

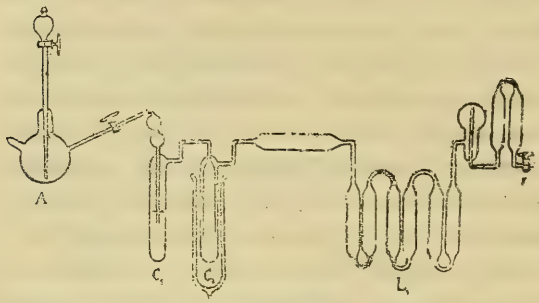


Fig. 1.ª

(1) Loc. cit.

el condensador C_1 un líquido oleoso de fluorescencia violácea, de olor dulce y agradable, más ligero que la disolución de potasa, miscible con ella; este líquido es, probablemente, el *aceite dulce de vino* de Pelouze. En el condensador C_2 se encontró, al final del experimento, una regular cantidad de líquido, que, juzgando por su volatilidad, debía estar constituído de alcohol y éter.

Después de su paso por los condensadores el gas atraviesa un tubo que contiene potasa cáustica en pastillas, y luego un triple lavador, L_1, provisto de fragmentos de varillas de vidrio en tres de sus ramas, con objeto de aumentar la superficie, y lleno hasta un tercio de su altura de ácido sulfúrico concentrado, donde se deseca.

Este aparato generador se suelda al aparato de purificación física intercalando un tubo desecante de anhídrido fosfórico, provisto en sus extremos de tapones de lana de vidrio.

El empleo del ácido fosfórico es cómodo y práctico, y como dice Stahlfoss (1), muy preferible al método ordinariamente empleado en los laboratorios de Química Orgánica, consistente en la reacción del ácido sulfúrico sobre el alcohol. Tiene además la ventaja que, desde el punto de vista pedagógico, el método del ácido fosfórico constituye un ejemplo bien sencillo de catálisis; en efecto, el agua y el etileno formados se volatilizan, en tanto que el ácido fosfórico queda casi inalterado, pudiendo servir para obtener nuevas cantidades de gas, y esto casi indefinidamente. Hay que hacer notar, sin embargo, que la actividad del ácido fosfórico disminuye a medida que su color se obscurece.

Segundo método.—La descomposición del éter bórico por el calor, en alcohol y etileno, permite, según Ebelmen (2), preparar fácilmente el etileno. Mézclanse, en un matraz o retorta, cuatro partes de ácido bórico, fundido y reducido a polvo fino, con una de alcohol absoluto; calentando convenientemente la mezcla se desprende gran cantidad de etileno, que, según el autor, no le falta para ser puro sino el ser lavado con agua para retener el éter bórico que arrastra y que le hace arder con llama verde.

Aconseja Ebelmen que cuando se prepara el etileno por este procedimiento se empleen tubos muy anchos para la salida del gas, porque de otro modo se corre el riesgo de verlos obstruídos por el ácido bórico monohidratado, que en forma de depósito muy coherente se fija sobre las paredes. Hállase constituído tal depósito por fibras normales a la pared, que

---

(1) Loc. cit.
(2) *Ann. Chim. et phys.* (3), XVI, pág. 129-66.

acaban por reunirse sobre el eje del tubo, obstruyéndolo. La explicación del hecho es la que sigue: El ácido bórico y el alcohol producen en el matraz éter bórico, que por la acción del calor da, como primeros productos de descomposición, ácido bórico monohidratado y etileno, que arrastra éter bórico en estado de vapor; el ácido monohidratado pierde su agua a una temperatura próxima a la que se produce la descomposición del éter; y como la materia es muy viscosa, y, por tanto, la propagación del calor es muy difícil, ambas descomposiciones pueden efectuarse simultáneamente, desprendiéndose al mismo tiempo etileno, éter bórico y vapor de agua, regenerando estos dos últimos el alcohol y el ácido bórico. El arrastre de éter bórico por el etileno y la descomposición ya dicha por el calor, explican la formación del ácido monohidratado en los tubos de salida, porque es precisamente en el sentido de la corriente gaseosa como se ve aparecer el depósito.

El esquema del aparato utilizado es el que representa la figura 2.ª

El matraz generador A, de un litro de cabida, contiene el ácido bórico (Kahlbaum) (260 gramos) fundido y reducido a polvo fino, y el alcohol absoluto (65 gramos) en la proporción de 4 a 1. Hecho el vacío en el aparato mediante la trompa de agua, y luego la de mercurio, se calentó primero la mezcla hasta 200° — temperatura a la que el desprendimiento gaseoso comienza —, y luego hasta 240°.

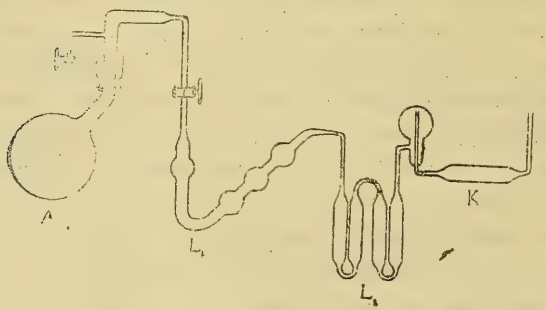


Fig. 2.ª

Para evitar la destilación del alcohol hacia el resto del aparato, se rodeó la parte vertical del cuello del matraz generador con un frasco de boca ancha desfondado, en el que se puso la mezcla frigorífica de hielo y sal común. El gas pasa primero a través del tubo L_1 que contiene agua destilada; luego, a través del lavador doble L_2, del tubo K que contiene potasa cáustica en pastillas, y, finalmente, por un doble tubo de anhídrido fosfórico al aparato de purificación física. En el condensador de este aparato, se puso un vaso de Dewar con la mezcla carbónico-etérea para retener el alcohol y el éter bórico que acompañan al etileno. El tubo de desprendimiento se procuró que fuese muy ancho para evitar la obstrucción. Sobre la pared interior del matraz y del tubo de salida se observó, en efecto, la

formación de un depósito blanco en forma de fibras, como Ebelmen dice. El agua del primer lavador L_1 se enturbió ligeramente. Cuando el desprendimiento de etileno era más regular y abundante, el matraz productor se rompió por el fondo, accidente que ya había sucedido en un ensayo preliminar. Se observó que la masa de anhídrido bórico próxima al fondo, tenía aspecto vítreo, y que el vidrio del fondo del matraz se había adelgazado, atacado por la masa reaccionante. Fué escasa la cantidad de etileno obtenida, y sólo alcanzó para llenar el matraz número 3 a la presión de unos 700 mm. La masa contenida en el matraz generador se hincha mucho durante la reacción, cubriéndose de espuma. En el condensador enfriado con la mezcla carbónico etérea nada se condensó, y el aspecto del etileno, condensado con aire líquido en una de las ampollas del aparato de purificación física, era excelente.

Tercer método.—Se empleó la reacción ordinariamente usada en los laboratorios para obtener etileno; acción del ácido sulfúrico sobre el alcohol ordinario. Tan conocido es su mecanismo, llamado de Williamson, que no juzgamos necesario insistir sobre él.

El aparato, enteramente de vidrio soldado, es el representado en la figura 3.ª.

En el matraz generador A, de medio litro de cabida, se introduce una mezcla de 150 c. c. de ácido sulfúrico concentrado y puro, y 75 c. c. de alcohol absoluto; se añade, además, un puñado de arena fina bien lavada con ácido clorhídrico, agua regia, agua destilada, y, por último, calcinada. Se calienta el matraz en baño de limaduras de hierro hasta 140° o 150°, temperatura a la cual marcha muy bien la reacción, pudiendo regularse fácilmente con sólo calentar más o menos. El gas pasa a través del tubo L_1, que contiene una disolución de potasa concentrada (una parte de potasa cáustica por una de agua), luego por el tubo P con potasa cáustica en pastillas, después por el doble lavador L_2 con ácido sulfúrico concentrado, y, finalmente, por el tubo de anhídrido fosfórico, y al aparato de purificación física, para ser condensado en una de las ampollas. El condensador va introducido en la mezcla carbónico etérea, con objeto de retener los gases sulfuroso y carbónico, y los vapo-

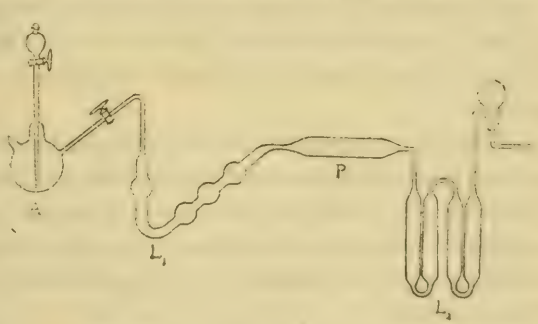


Fig. 3.ª

res de alcohol y de éter que pudieran acompañar al etileno; al final del experimento apareció condensado un líquido poco volátil que parecía alcohol, y el ácido sulfúrico de los lavadores tomó al cabo de algún tiempo un tono amarillo rojizo, a cada punto más intenso.

Villard dice (1) que el etileno obtenido por este procedimiento contiene, generalmente, productos fácilmente condensables, y que, si después de liquidado se le deja evaporar a 80°, se ve que al final del experimento el líquido pierde su movilidad, la ebullición toma el carácter que presenta con los líquidos viscosos, y que, en el fondo del tubo, queda una pequeña cantidad de un líquido incoloro siruposo; este líquido no es ciertamente éter, cuya movilidad a — 80° es muy grande. El punto crítico del etileno así obtenido está, según Villard, cercano del + 13°, en tanto que el del etileno preparado por el método del ácido bórico fundido está próximo a + 10°. Cardoso y Arní (2), que han preparado el gas empleando el procedimiento del ácido sulfúrico, para el estudio de sus constantes críticas, no confirman los resultados de Villard, y hallan que el etileno obtenido por este método, luego de sometido a varias destilaciones fraccionadas en el vacío, posee también una temperatura crítica de + 10°. En cuanto a las medidas de densidad hechas por nosotros con etileno también así preparado, y sometido a varias destilaciones fraccionadas y borboteos en etileno líquido, indican que los números obtenidos concuerdan con los alcanzados siguiendo los otros métodos. El aspecto del gas liquidado era, además, muy bueno, y después del primer borboteo se evaporaba sin dejar residuo.

Cuarto y quinto métodos.—Trátase juntamente de ambos métodos, porque los dos consisten en la deshidratación catalítica del etanol por un compuesto de alúmina o por la propia alúmina, y por que, habiendo dado resultados negativos el sulfato de aluminio, y siendo el mismo aparato el adoptado en ambos métodos, no juzgamos necesario mencionarlos cada uno por separado.

Es Gregorieff (3) el primero que indicó la aptitud especial de un óxido para deshidratar alcoholes, demostrando que la alúmina a 300° desdobla el etanol y el propanol, dando 90 por 100 de hidrocarburo etilénico. Tal propiedad de la alúmina ha sido confirmada por Ipatiew (4), que además la ha descubierto en la materia que forma los crisoles de plombagina, mezcla de

(1) Ann. Chim. et phys. (7), *11*, p. 367-68.
(2) J. Chim. phys. *10*, p. 504. 1912.
(3) J. Soc. Phys Chim. Russe. *33*.173, 1901.
(4) Ber. *34*.596.1901; *35*.1047.1902; *36*.1990.1903.

grafito y arcilla, siendo esta última el elemento activo. Senderens (1), que ha estudiado extensamente la acción catalítica deshidrante del sulfato de aluminio y de la alúmina, deduce de sus investigaciones que la alúmina preparada con ciertos cuidados es el mejor catalizador deshidrante de los alcoholes, y que la temperatura a la que se ha efectuado la calcinación y la duración de ésta, tienen gran influencia en su actividad; así la alúmina preparada por calcinación moderada del alumbre amoniacal o del sulfato, o la obtenida precipitando una sal de aluminio y calcinando ligeramente, deshidrata el alcohol etílico desde la temperatura de 275° dando 99,5 por 100 de etileno. En cambio, si se calcina durante mucho tiempo (seis horas) al rojo blanco, la alúmina resultante no descompone el alcohol sino cerca de los 420°, dando además hasta 12 por 100 de hidrógeno. Sabatier (2), que como se sabe ha estudiado profundamente los asuntos de la catálisis, dice que siendo preferentemente una acción de superficie, el estado físico debe ejercer gran influencia en el fenómeno; así, los óxidos amorfos procedentes de la precipitación de sus hidratos y desecados a temperatura poco elevada, son mucho más activos que los óxidos cristalizados, o que los que calcinados al rojo largo tiempo, han experimentado una aglomeración notable; estos últimos tienen a igualdad de masa menor superficie y hállanse con frecuencia en muy avanzado estado de condensación molecular, sobre todo los procedentes de átomos ligeros. Tal es el caso de la alúmina amorfa, obtenida por desecación del hidrato por bajo de 400°, que se disuelve fácilmente en los ácidos, y que es muy activa al respecto de los alcoholes.

En cuanto al sulfato de aluminio, Senderens dice que el preparado deshidratando el sulfato de aluminio, o bien calcinando ligeramente el alumbre amoniacal, es prácticamente el mejor catalizador deshidratante de los alcoholes que ha encontrado; porque, aunque la alúmina precipitada del aluminato de sosa por un ácido es más activa, su preparación exige cuidados tan minuciosos, que, según el autor, es preferible el sulfato de aluminio anhidro, cuya preparación es fácil y permite obtener un producto más seguro. Nuestros experimentos no confirman de modo alguno todo lo expuesto, pues es precisamente empleando una alúmina comercial y sin tratamiento especial de ningún género—sólo calcinada—, como hemos obtenido el rendimiento máximo de etileno, y fué nulo con el empleo de un

---

(1) Ann. d. Chim. et phys. [8],25.449-529.1912; C. r. d. l'Acad. d. sciences *144*.381-83; *146*.125-27; *151*.392-94.

(2) La Calalyse en Chimie organique, p. 181.

sulfato alumínico de Kahlbam, desecado en las condiciones que Senderens indica. Bien es verdad que nuestro modo operatorio difiere del seguido por el autor, en cuanto hemos operado en el vacío.

Se puede interpretar el papel del sulfato de aluminio (1) admitiendo que con el ácido etilsulfúrico forma un sulfato doble, que al punto de ser producido se destruye, regenerando el ácido sulfúrico con desprendimiento de etileno:

$$(SO_4)_3 Al.SO_4 HC_2 H_5 = (SO_4) Al_2 + SO_4H_2 + C_2 H_4$$

La figura núm. 4 representa el aparato utilizado en ambos métodos.

El matraz generador A contiene alcohol absoluto, cuyos vapores se hacen actuar sobre el sulfato de aluminio o la alúmina contenida en el tubo T, de vidrio de Bohemia, cerrado por tapones de caucho atravesados por tubos de vidrio que dan paso al gas. Para evitar la acción del calor sobre los tapones, protegiéronse interiormente con discos de amianto pegados al caucho con silicato. El tubo se coloca sobre la telera de un horno de combustión, llena de limaduras de hierro que lo recubren, y comunica por un extremo con el matraz donde se hace hervir el alcohol, y por el otro con el condensador C, enfriado por la mezcla carbónico-etérea; la temperatura del tubo la indica un termómetro introducido en las limaduras de hierro, y el aparato generador descrito se enlaza directamente al de purificación física, sin intermedio de tubo de anhídrido fosfórico.

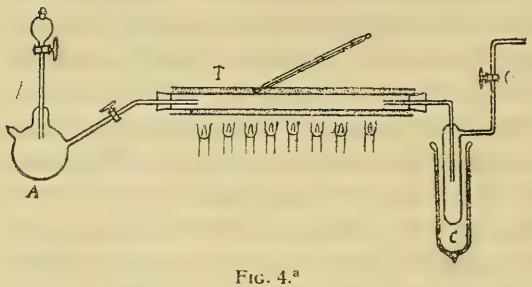


Fig. 4.ª

En un primer ensayo se llenó la primera mitad del tubo con sulfato de aluminio y con alúmina el resto; calentado en toda su extensión a 350°, y expulsado el aire con las trompas de agua y de mercurio (según Senderens la temperatura a que comienza la reacción es de 275°, alcanzando un buen desprendimiento a 350°), al mismo tiempo que se hacía pasar vapor de alcohol, se obtuvo efectivamente un buen desprendimiento gaseoso; pero, al tratar de condensar con aire líquido, 50 por 100 al menos del gas obtenido no se condensó. Un segundo experimento, practicado calentando

(1) C. r. d. l'Acad. d. sciences, *151*.392-94.

solamente la parte del tubo que contenía el sulfato, dió resultado casi nulo. Sospechando que la alúmina pudiera ser la causa del fracaso del ensayo, se llenó el tubo de vidrio de Bohemia únicamente con sulfato de aluminio y se calentó a 350° como antes: el rendimiento en gas fué esta vez nulo, logrando únicamente el destilar el alcohol desde el matraz generador al condensador C. El olor del liquido condensado era semejante al del ácido piroleñoso. Un último experimento empleando sólo alúmina comercial, calcinada dos veces en cápsula de porcelana y enfriada en desecador con cloruro cálcico, dió resultado muy satisfactorio, siendo casi teórico el rendimiento de etileno; no hubo condensación de alcohol, y se produjo muy poca cantidad de gas no condensable (hidrógeno). El sulfato empleado procedía de Kahlbaum, y fué calcinado también dos veces en cápsula de porcelana y enfriado en desecador con cloruro cálcico.

Lo ocurrido con el sulfato de aluminio es interesante y contradice los resultados de Senderens, ya que, según él, tal sulfato es un producto de preparación fácil y prácticamente el mejor catalizador deshidratante de los alcoholes que ha encontrado; sólo la alúmina obtenida en ciertas condiciones es más activa, conforme asegura el mismo autor.

Determinación del peso del litro normal de gas etileno.

Según el concepto propuesto por Morley y adoptado por Ph. A. Guye (1), la densidad absoluta de un gas o peso del *litro normal*, es el *peso de un litro de gas a la temperatura de* 0° *bajo la presión 760 mm. de mercurio, al nivel del mar y a 45 grados de latitud*. La densidad absoluta del C_2H_4, gas que hemos estudiado, ha sido determinada por el método clásico del matraz, empleado, como se sabe, por Regnault, Rayleigh, Morley, Leduc, con las modificaciones introducidas y practicadas desde hace algunos años en el laboratorio de Química Física de la Universidad de Ginebra (2). La más importante de estas modificaciones consiste en el empleo de varios matraces (tres generalmente) de capacidad diferente comprendida entre 0,300 y 0,800 litros, en lugar de un solo matraz de grandes dimensiones (de dos hasta 20 litros). Morley, por ejem-

(1) J. Chim. phys. *5*.206.1907.

(2) La descripción detallada de estas modificaciones puede verse en las Memorias que siguen: Guye y Dávila. Mem. Soc. Genève *35*.634.1908; Baume: J. Chim. phys. *6*.1.1908; Scheuer: Zeit f. phys. Chem. *65*.575.1909; A. T. O. German: Thèse Genève. 1913 y J. of. Phys. Chem. 9.437.1915.

plo, operaba con matraces de 8-21 litros, Rayleigh ha reducido el volumen a 1,8, y Leduc a 2,3 litros; y como Ph. A. Guye ha demostrado que con el empleo de matraces pequeños se alcanza cuando menos la misma exactitud, se han adoptado los de menor capacidad, cuyo manejo es mucho más fácil y cómodo. Los matraces se llenan simultáneamente en iguales condiciones de presión y temperatura para todos; modo operatorio que excluye o hace despreciables los errores accidentales de calibrado, y reduce al mínimo el resultante de la condensación de gas en la superficie interna de los matraces y cuantos puedan provenir de la condensación o depósito sobre la superficie externa de la humedad, del polvo y de compuestos químicos, que impurifican la atmósfera de los laboratorios (sales amónicas por ejemplo). Se pesan los matraces, no con un vacío absoluto, sino con una presión gaseosa que varía entre 0,2 y 2 mm.; con lo cual tiénese la probabilidad de que la capa gaseosa absorbida por la superficie interna no se altera, al mismo tiempo que se abrevian las manipulaciones, ya que la expulsión de los últimos indicios de gas exige bastante tiempo.

Descripción del aparato.—La figura 5.ª representa el aparato empleado, tanto en las determinaciones preliminares como en las definitivas de la densidad del etileno: es enteramente de vidrio soldado, como todos

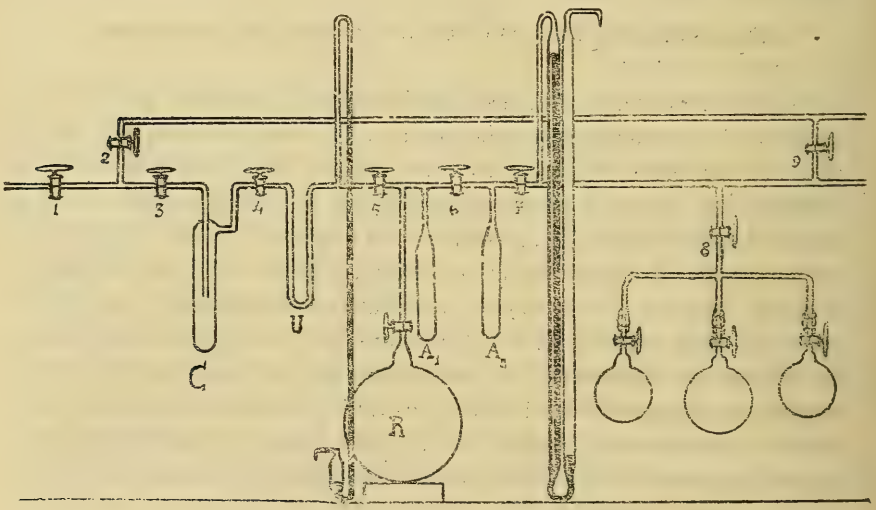


Fig. 5 ª

los aparatos usados en este género de investigaciones, y lleva buenas llaves de Geissler (Bonn), para asegurar un cierre hermético. La llave 7 divide el aparato en dos partes: la de la izquierda, destinada a la purifica-

ción física del gas, y la de la derecha comprende los diferentes aparatos de medida. La primera abarca el condensador C, donde se condensa el gas que procede del aparato generador y de la purificación química, un tubo en U en el que se condensa un poco de gas, a través del cual se hace borbotear (1) el resto del etileno, y que tiene por efecto el desposeerlo de los últimos indicios de alcohol, éter y humedad, que todavía pueden acompañarle; las ampollas A_1 y A_2 sirven para los fraccionamientos definitivos del gas antes de introducirlo en los matraces de pesada. Los dos de reserva R_1 y R_2, de dos litros de cabida, sirven de gasómetro; las llaves 3, 4, 5, 6 y 7 separan las distintas partes del aparato, y las 2 y 9 establecen su comunicación con la trompa de agua.

Antes de soldar entre sí los diversos fragmentos del aparato, se lavan con la mezcla crómica caliente y se enjuagan varias veces con agua exenta de materia orgánica (2) (no debe emplearse de ningún modo el alcohol o el éter para los lavados, porque pueden dejar, al evaporarse, una película muy delgada de materia orgánica o de grasa, cuya existencia se comprueba porque el agua moja imperfectamente, facilitando los fenómenos de absorción del gas en las paredes); se secan, después de escurridos, por medio de una corriente de aire seco, se sueldan unos a otros, se engrasan cuidadosamente las llaves, y estíranse al soplete los tubos de salida de los manómetros.

Lavado el aparato varias veces con aire, pasado a través de potasa, ácido sulfúrico concentrado y anhídrido fosfórico, se hace el vacío con las trompas de agua y de mercurio. Los manómetros se llenan flameándolos con un mechero de Bunsen, y sumergiendo el extremo estirado en el mercurio puro y calentado en una cápsula hasta que produzca vapores en el aire; rompiendo dentro del mercurio la punta del tubo: el llenado se hace automáticamente por estar vacío el tubo. La cantidad de mercurio debe ser tal que pueda conseguirse fácilmente la presión interior de 760 mm.

Como el etileno no ataca al mercurio, los manómetros no se aislan con llaves del resto del aparato. Entre el manómetro-barómetro y los matraces de pesada, se intercaló un manómetro compensador C de 75 cm. de altura, lleno hasta la mitad de aceite de parafina, que se calienta previamente en el vacío para expulsar el aire y la humedad que pueda contener. Dada la densidad de este aceite, cualquiera variación de la presión, por pequeña que sea, la acusa en seguida el manómetro; siendo la relación de

---

(1) Véase E. Moles, loc. cit.
(2) E. Moles, loc. cit.

densidades del mercurio al aceite de parafina $\frac{13,5}{0,8} = 16,9$, la sensibilidad del aparato resulta muy grande (1). El diámetro interior de los tubos empleados en las canalizaciones era de 6 a 8 mm., porque la experiencia enseña que, con los tubos capilares empleados para reducir el espacio muerto, resulta sumamente difícil la expulsión con la trompa de las últimas porciones gas, probablemente debido a su peso y adherencia.

Grasa de llaves.—Travers (2) recomienda una mezcla de parafina, vaselina y caucho, que es la utilizada en general para este género de investigaciones sobre los gases, y es la que hemos empleado. El etileno no tiene la menor acción sobre ella, lo que hace posible su empleo.

Trompas.—Una trompa de agua a presión, unida a las canalizaciones del aparato por intermedio de un tubo desecante de cloruro de calcio, y una trompa de mercurio modelo Sprengel sencillo, con un cuerpo de unos 800 c. c. de capacidad, enlazada a las canalizaciones por intermedio de un tubo de anhídrido fosfórico y maniobrada a mano, fueron las empleadas para hacer el vacío en el aparato.

Matraces calibrados.—Los tres que se emplearon habían sido ya utilizados en medidas de densidades gaseosas, por lo cual nos limitaremos a consignar que eran de buen vidrio de Turingia, sin burbujas ni pliegues en las paredes, de uno a dos mm. de espesor, para hacer despreciable la contracción por el vacío; los cuellos estirados al soplete junto a la base, llevan soldada una buena llave de Geissler con el tubo capilar no más largo de 7 a 8 cm., cuyo extremo libre va provisto de varios ensanchamientos, que facilitan el sujetarlo al resto del aparato. Luego de lavados con la mezcla crómica caliente, actuando cosa de veinticuatro horas, y enjuagados varias veces con agua destilada, exenta de materia orgánica, y escurridos y bien secos, se procedió a su calibrado, pesando sucesivamente el matraz vacío de aire y luego lleno de agua a 0°, destilada y hervida; el llenado se hace empleando un aparato que impide todo contacto con el aire (3). Las pesadas se efectuaron en una balanza técnica sensible a + 0,01 gr., lo que ahorra hacer un vacío muy grande en los matraces, puesto que el peso del aire residual que deja una buena trompa de agua no influye en los centigramos. La diferencia entre ambas pesadas, da la capacidad absoluta del matraz, porque las dos correcciones necesarias—reducción de las pesas utilizadas al vacío, y diferencia de densidad del agua

(1) Moles, loc. cit.
(1) Travers. Exp. Untersuchung von Gasen.
(2) Véase E. Moles, loc. cit.

entre 0° y 4°—son del mismo orden de magnitud y de signo contrario, compensándose casi exactamente. En efecto, admitido que el peso medio de 1 c. c. de aire en Ginebra es 0,001165 grs., y que la densidad del latón es 8,5, la primera de las correcciones citadas viene dada por la expresión

$$-\frac{P \times 0{,}001165}{8{,}5} = -P \times 0{,}000137,$$

y siendo la diferencia de densidad del agua entre 0° y 4° igual a 0,000132 la segunda de las correcciones tendrá por expresión

$$+ P \times 0{,}000132,$$

expresiones que, como puede verse, se compensan casi exactamente.

He aquí los volúmenes hallados para los matraces:

Matraz	Capacidad absoluta	Contracción
3	602,69 mm.	0,007 mm.
RT	615,23 »	0,009 »
4	793,70 »	Despreciable.

Los valores indicados para la contracción de los matraces vacíos han sido determinados por los investigadores que anteriormente los utilizaron, siguiendo el método descrito en las Memorias ya citadas (1).

Con matraces de la misma procedencia se construyen los contrapesos, cuyo volumen se ajusta por el método hidrostático a ± 0,5 c. c., lastrándolos luego con un poco de mercurio, para que su peso exceda algunos gramos del correspondiente al matraz, con lo cual en las dobles pesadas basta añadir pesas del lado de éste.

Balanza.—Se ha empleado una de precisión, de Sartorius, sensible a ± 0,1 mgr. para una carga máxima de 200 grs., pudiendo llegar con facilidad a ± 0,05 por el método de las oscilaciones. Dado el volumen relativamente grande de los matraces de pesada, por tratarse de un gas algo ligero, y las proporciones, no muy grandes, de la balanza, ha sido preciso sustituir sus platillos por otros de aluminio que facilitaran la suspensión de los recipientes y la misma pesada. La balanza va dentro de una vitrina, metida, a su vez, en un armario empotrado en la pared, con puerta de dos batientes cerrada con llave. Mediante un sistema muy sencillo, la balanza podía dispararse desde fuera, evitándose así los cambios de temperatura

(1) Travers, loc. cit., p. 121.

que pudiera ocasionar el abrir y cerrar la puerta. Se ha practicado siempre la doble pesada a carga constante, para evitar los errores debidos a posibles defectos de la balanza (desigualdad de brazos, normal o producida por el calentamiento).

Pesas.—Para los calibrados se empleó una serie de pesos dorados, y para las pesadas del gas una colección de pesas de precisión, comprobada por nosotros, fabricadas ambas por la casa Scholl, de Ginebra.

La correspondencia entre las dos colecciones se estableció comparando dos pesas de 10 grs. de cada una de ellas, hallando una diferencia de 0,00016 grs. (o sea de $1,6 \times 10^5$), que corresponde a un error despreciable; en efecto, como el peso del litro del gas se expresa hasta la cuarta decimal solamente, y la corrección indicada sólo alcanzaría la quinta decimal, el resultado aparece inalterable.

Manómetros.—Para contrastar las presiones de cierre y las residuales, es decir, sólo como instrumento auxiliar, se ha empleado el manómetro de aire libre M_1 de unos 90 cms. de altura y 15 mm. de diámetro; lleva una escala de vidrio graduada en milímetros, fabricada por la Sociedad Ginebrina de Instrumentos de Física (1), que permite efectuar con facilidad lecturas al $^1/_{10}$ de mm.

El manómetro-barómetro utilizado es del modelo usado en el Laboratorio de Química Física de la Universidad de Ginebra, modificado por A. German (2) y completado por E. Moles (3), quien lo ha dotado de un sistema de llaves que permite arreglar en todo momento el aparato sin desmontarlo, como en el caso de que, por un accidente cualquiera, penetre aire en la cámara barométrica. Su funcionamiento, modo de llenarlo, etc., puede verse con detalle en la Memoria que acaba de citarse. Lleva delante, igualmente que el manómetro auxiliar, una escala de vidrio graduada en milímetros, y con él se leen las presiones de cierre y residual. No se ha empleado el vacuómetro de Mac Leod para leer la presión residual, porque, además de que las investigaciones de Ramsay y Young (4) han demostrado que las indicaciones del vacuómetro, funcionando con aire o anhídrido carbónico, son falsas para las presiones inferiores a 1 mm.; para que sus indicaciones puedan aceptarse es preciso graduarlo por compara-

---

(1) Este modelo, corriente en el Laboratorio Guye, ha sido graduado con la garantía de $\frac{1}{50}$ mm. para la exactitud de la división milimétrica.

(2) Loc. cit.

(3) Loc. cit.

(4) Phil. Mag. (5) 38. 307. 1894.

ción con un barómetro sensible, y por eso resulta más sencillo leer directamente las presiones en el barómetro.

Para medir la presión del gas en los matraces empléanse dos procedimientos diferentes. Consiste uno en medir la presión con un barómetro-manómetro, soldado directamente al aparato y puesto en comunicación con el gas de los matraces, directamente o por intermedio de un manómetro compensador, cuando el mercurio es atacado por el gas, según ocurre con el sulfhídrido, el cloruro de nitrosilo, el ácido bromhídrico, etc.; consiste el otro procedimiento empleado por Regnault, Leduc, Guye, Stahrfoss, en llenar los matraces a una presión poco superior a la atmosférica y ponerlos luego en comunicación con el aire, hasta que la presión en los matraces sea igual a la de la atmósfera; ésta se observa con un barómetro de precisión independiente del aparato. Tiene la ventaja este procedimiento, de que no es preciso hacer el llenado a 0°, y que los enlaces de caucho pueden ser sustituídos por otros de vidrio. Sin embargo, el método del barómetro-manómetro tiene la ventaja inapreciable de que evita todo contacto entre el gas de los matraces y el aire, y que la presión de cierre puede ser muy próxima a 760 mm., con lo cual se hace mínima la corrección debida a la compresibilidad, como consecuencia de la desviación de la ley de Mariotte. Conforme queda dicho, es el procedimiento del barómetro-manómetro el adoptado para las medidas realizadas durante el curso de este trabajo.

Pormenor de los experimentos.—Los matraces calibrados se fijan al aparato mediante un tubo de caucho de paredes muy gruesas, bien ligado con alambres de cobre. Lávanse, así como las canalizaciones y los matraces de reserva, dos o tres veces con aire puro y seco, calentando con un mechero de Bunsen y haciendo cada vez el vacío hasta 0,2 a 0,3 milímetros, y se comprueba si el aparato cierra bien. En el condensador C, enfriado por aire líquido (fig. 5.ª), se condensa y conserva líquido el etileno, preparado y purificado químicamente por cualesquiera de los métodos descritos; este gas condensado se le deja evaporar, se condensa una pequeña porción en el tubo en U, dejando que el resto borbotee a su través, y se le condensa de nuevo en la ampolla A_1. En tanto que se hace el vacío en el condensador y en el tubo en U, se somete el gas a destilaciones y fraccionamientos entre las ampollas A_1 y A_2, repitiendo después el borboteo condensando el gas en el condensador C. De cada fraccionamiento sólo se aprovecha la fracción media, expulsando con la trompa las fracciones de cabeza y de cola. Como el etileno tiene un punto de solidificación muy bajo, ha sido preciso emplear siempre aire líquido para condensarlo, y también para extraer el de los matraces y de los gasómetros.

La mezcla carbónica sólo fué empleada para retener las impurezas fácilmente condensables que acompañan al etileno (vapor de agua, de alcohol, éter).

En la purificación física se ha hecho uso del *borboteo* introducido por E. Moles (1), quien ha probado que esta operación es mucho más eficaz, en la mayoría de los casos, que la destilación fraccionada.

Un hecho sobre el cual queremos insistir es la eficacia de la purificación física de un gas, mucho mayor que la de la purificación química. En efecto: el etileno preparado por un método cualquiera de los aquí empleados, después de pasar por los reactivos que debieran retener casi todas las impurezas, deja en el condensador enfriado con la mezcla carbónico-etérea bastante cantidad de ellas, siendo después de su paso por el condensador cuando el gas resulta casi puro, y desde luego no va acompañado de productos fácilmente condensables.

Se lavan luego varias veces con este gas purificado, por vía física, las canalizaciones, los matraces de reserva y de pesada, haciendo un vacío de 0,4 a 0,5 mm. cada vez, siendo necesario dejarlos llenos de etileno, a presión algo superior de la atmosférica, por lo menos un día, o, mejor, varios, a fin de que las paredes del vidrio se *saturen* de gas, siempre que por una causa cualquiera entre aire en los matraces calibrados. Así se facilita la expulsión del aire y de la humedad; además se ha observado que el gas condensado procedente de un matraz perfectamente limpio, y seco con aire «seco», contiene algo de humedad. Estos matraces, que durante varios días han estado saturándose de gas, se rodean luego de hielo machacado y lavado con agua destilada; se condensa el etileno con aire líquido en una de las ampollas, y se expulsa el resto con la trompa de mercurio hasta una presión que puede oscilar entre 0,2 y 2 mm., presión que se lee en el barómetro-manómetro y se anota. Se mantienen los matraces en el hielo a lo menos durante tres horas, al cabo de cuyo tiempo se los separa del aparato, se lavan exteriormente con agua destilada y enjuga cuidadosamente con un paño de hilo fino y ligeramente húmedo, suspendiéndolos luego de un alambre de cobre colocado en el armario de la balanza; con los contrapesos se hace otro tanto. Luego del reposo de unas doce a diez y seis horas en la balanza, se procede a la pesada de los matraces, y hecho esto se fijan de nuevo al aparato rodeándolos de hielo machacado y lavado, y se llenan de etileno puro, destilado lentamente, de una fracción media y a presión cercana de 760 mm., medida aproximadamente en el

(1) Loc. cit.

manómetro auxiliar. Mientras se practican estas manipulaciones, las llaves de comunicación con el manómetro de aceite han de estar cerradas. El barómetro-manómetro M_2 regúlase del modo siguiente: se baja la bola de nivel teniendo cerradas las llaves 17 y 18 (fig. 6.ª); ciérrase esta última y se sube en seguida la bola hasta que las diferencias de nivel entre ambas ramas del barómetro sea de 760 a 770 mm. Ciérrase ahora la llave 17, y se abren con gran cuidado las del manómetro compensador, dejando entrar etileno en una rama y aire seco en la otra. Maniobrando la bola de nivel se establece el equilibrio aproximado entre las dos ramas del compensador C, y abriendo con cuidado la llave 18 se logra obtener el equilibrio perfecto. En cada lectura de la presión anótase la temperatura indicada por dos termómetros, colocados, uno en la parte superior, y otro en la inferior del barómetro. Si los matraces han estado una hora en hielo antes de llenarlos de gas, el equilibrio de temperatura se consigue rápidamente en su interior. En el compensador se observa al principio el ligero desnivel de uno a dos milímetros, que baja pronto a unas décimas, debido a pequeños cambios de la temperatura exterior que influyen sobre el gas de las canalizaciones. Establecido el equilibrio entre ambas ramas del compensador, se dejan todavía los matraces unos cincuenta o sesenta minutos dentro del hielo, y durante este tiempo se hacen varias series de lecturas de presión y temperatura tomando la media. Se cierran las llaves, se saca el hielo, se separan los matraces del aparato, y después de lavados y enjugados como queda dicho, se dejan en el armario de la balanza para hacer la pesada el día siguiente.

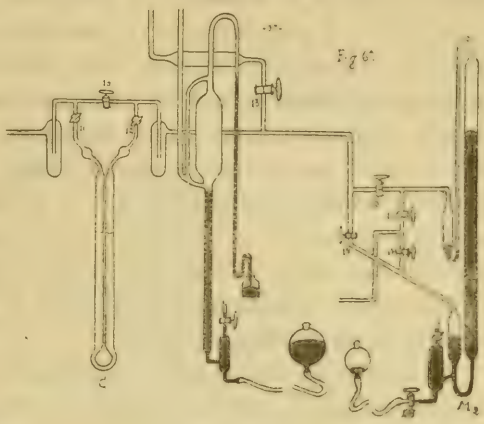


Fig. 6.ª

Resultados.—Al comienzo de estos experimentos se practicó una serie de medidas que puede ser considerada como preliminar. En ella, la presión auxiliar se leyó sobre el manómetro auxiliar, porque el barómetro no estaba aún unido al aparato. Además, por un accidente ocurrido, la serie sólo comprende dos valores.

Para las medidas definitivas efectuadas, según los métodos en uso, en el laboratorio de Química Física de la Universidad de Ginebra (con las

modificaciones aportadas por E. Moles), el barómetro dotado del compensador de aceite estaba unido directamente al aparato, sirviendo para leer las presiones residual y de cierre.

El gas preparado por el primer método se utilizó en la serie preliminar y en las números 2 y 3; el preparado por el segundo en la serie 4, que sólo contiene un valor porque el procedimiento sólo dió etileno para llenar un matraz, el número 3; el preparado por el tercero se empleó en las series 5 y 6, y el cuarto sirvió para las medidas de las series 7 y 8; el etileno se preparó recientemente para cada serie, a excepción de la 6 y 8, en las que se utilizó etileno recondensado de las series precedentes. En todas se aprovechó, como agente desecante, el anhídrido fosfórico, contenido en tubos con tapones de lana de vidrio. En las dos últimas, 7 y 8, se suprimió. Antes de introducir el gas en los matraces de pesada, se le hizo borbotear dos veces, excepto en la serie 4, que sólo se destiló fraccionadamente dos veces, y en la serie 6, que sólo pudo hacerse un borboteo, porque durante la manipulación saltó una de las soldaduras del tubo en U del aparato de purificación física.

En la tabla siguiente, donde se indican los resultados, p_r representa la presión residual, P_t la presión a que se llenan los matraces leída a la temperatura t, P_0 la presión corregida a 0°, S el peso del gas, L el peso del litro bruto calculado según la fórmula de los gases perfectos

$$L = \frac{S}{C} \cdot \frac{760}{P_0},$$

en la que C es la capacidad del matraz.

El litro normal L se calcula a partir del litro bruto, sin más que hacer en éste las correcciones deducidas de la definición admitida para *litro normal,* con más la reducción al vacío de las pesas utilizadas, la contracción de los matraces vacíos y la desviación debida a la compresibilidad del etileno entre P_0 y 760 mm.

La corrección de pesos al vacío se hizo sobre el peso del litro, y resulta igual para todas las medidas a

$$\frac{-1{,}2603}{8{,}5} \times 0{,}001165 = -0{,}00017 \text{ grs.}$$

La contracción de los matraces vacíos es despreciable para el matraz número 4, y para los matraces RT y número 3 es casi idéntica, + 0,00001 gramos referida al litro bruto.

La corrección de altitud y latitud, igual para todas las series, es, dado el valor de la gravedad en Ginebra,

$$L \times 16 \times 10^{-6} = + 0{,}00002 \text{ grs.}$$

La desviación debida a la compresibilidad se ha calculado tomando por valor del coeficiente medio por milímetro 103×10^{-6}, el valor calculado por A. Leduc (1) a partir de las constantes críticas

$$t_c = + 10^{\circ} \quad \text{y} \quad p_c = 51 \text{ atmósf.}$$

Los valores admitidos para esta corrección, que varía con la presión P_o, pero que es igual para cada serie, son los siguientes:

Serie	Corrección
1	— 0,00004
2	+ 0,00010
3	— 0,00001
4	+ 0,00065
5	+ 0,00003
6	+ 0,00024
7	— 0,000004
8	— 0,00031

A continuación va el cálculo completo de la serie II, a modo de ejemplo:

P_t = 753,2 mm.
t = 19°,4.
$P_0 = 753{,}2 - 753{,}2 \times 0{,}000174 \times 19{,}4 = 750{,}7$ mm. a 0°.
p_r = ... 0,3 »
Presión corregida ..... $P_0 \equiv 750{,}4$ »

Matraz	RT	3	4	Media
Peso del gas (S)..... ...	0,76572	0,74983	0,98778	»
Idem del litro bruto a 0° y 760 (L)..	1,26051	1,26003	1,26046	1,26033

Correcciones:

Reducción al vacío.....	— 0,00017	— 0,00017	— 0,00017	
Compresibilidad.....	+ 0,00010	+ 0,00010	+ 0,00010	
Altitud y latitud.....	+ 0,00002	+ 0,00002	+ 0,00002	
Contracción.....	+ 0,00001	+ 0,00001	»	
Corrección total.....	— 0,00004	— 0,00004	— 0,00005	
Peso del litro normal....	1,26047	1,25999	1,26041	1,26029

(1) Ann. Chim. phys. 7, 87, 1898.

He aquí la tabla de los resultados obtenidos en la serie preliminar y en las definitivas:

MEDIDAS PRELIMINARES A 760mm

Serie	Matraz	p_r	P_t	t	P_0	s	L_{bruto}	L_0	Medias
I	RT	0,2	766,6	17°,05	764,1	0,77940	1,26003	1,25985	
	3					0,76380	1,26051	1,26033	1,26009

MEDIDAS DEFINITIVAS A 760mm

Serie	Matraz	p_r	P_t	t	P_0	s	L_{bruto}	L_0	Medias
II	RT	0,3	753,2	19°,4	750,4	0,76572	1,26051	1,26047	
	3					0,74983	1,26003	1,25999	
	4					0,98778	1,26046	1,26041	1,26029
III	RT	1,4	765,3	24°,2	760,7	0,77602	1,26017	1,26002	
	3					0,76032	1,26037	1,26022	
	4					1,00152	1,26068	1,26052	1,26025
IV	3	0,4	700,3	23°,4	697,1	0,69652	1,25994	1,26045	2,26045
V	RT	0,8	761,0	22°,7	757,2	0,77268	1,26040	1,26029	
	3					0,75667	1,26014	1,26003	
	4					0,99672	1,26043	1,26031	1,26021
VI	RT	1,1	740,6	25°,8	736,2	0,75115	1,26037	1,26047	
	3					0,73589	1,26040	1,26050	
	4					0,96908	1,26043	1,26052	1,26050
VII	RT	0,2	763,6	23°,9	760,4	0,77577	1,26026	1,26012	
	3					0,76010	1,26051	1,26037	
	3					1,00108	1,26062	1,26047	1,26032
VIII	RT	2,3	795,4	23°,5	789,9	0,80618	1,26074	1,26029	
	3					0,78985	1,26091	1,26046	
	4					1,04010	1,26077	1,26031	1,26035

MEDIAS

	Por matraz	Por series	General de 21 determinaciones
RT	1,26022		
3	1,26029		
4	1,26042		
	1,26031	1,26031	1,26030

El error medio de una determinación, calculado por la fórmula:

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{d^2}}{\sqrt{n-1}}$$

(siendo d la diferencia entre una determinación y la media general, y n el número de determinaciones), es $\pm$ 0,00019; es decir, de $1{,}52 \times 10^{-4}$

con relación al valor de L_0. El error medio sobre la media aritmética es $\pm$ 0,00012. Para las determinaciones aisladas, el error probable es $\pm$ 0,00013, y para el valor medio $\pm$ 0,00008, admitiendo, como se hace corrientemente, que el error probable es los $\frac{2}{3}$ del error medio.

La media aritmética de las veintiuna determinaciones definitivas es 1,26031 $\pm$ 0,00012, valor que, redondeado a la cuarta decimal, da

$$1{,}2603 \pm 0{,}0001 \text{ gr.},$$

que coincide con el valor medio de las medias por serie.

Las tres medias que corresponden a los matraces difieren de la media general en menos de $\frac{1}{10000}$. Respecto de las medidas aisladas, la diferencia mayor con la media general es de $\frac{3{,}6}{10000}$; en las medias por serie es de $\frac{1{,}7}{10000}$. La concordancia es, por tanto, satisfactoria, ya que, conforme es sabido, la precisión del método no puede exceder de 1×10^{-4}.

Los errores metódicos expresados en $\frac{1}{10000}$ son los que siguen:

Para los calibrados.....	$0{,}46 \times 10^{-4}$
Idem las pesadas.....	1,20 »
Idem la presión.....	1,32 »
Idem la temperatura.....	0,37 »

El error metódico medio probable será, por consiguiente:

$$\sqrt{0{,}46^2 + 1{,}20^2 + 1{,}32^2 + 0{,}37^2} \times 10^{-4} = 1{,}88 \times 10^{-4}.$$

El mismo error para la media de veintiuna determinaciones es:

$$\frac{1{,}88 \times 10^{-4}}{\sqrt{21}} = 0{,}41 \times 10^{-4}.$$

Es útil, además, comparar los resultados en función de los métodos generales empleados para obtener el C_2H_4.

PRIMER MÉTODO *(Acción del ácido fosfórico sobre el alcohol etílico)*

Series	Valores medios de L_0 por serie	Por método	Diferencia respecto de la media general
I	1,26009		
II	1,26029		
III	1,26025	1,26021	$-0{,}79 \times 10^{-4}$

SEGUNDO MÉTODO *(Acción del ácido bórico sobre el etanol)*

IV	1,26045	1,26045	$+ 1,1 \times 10^{-4}$

TERCER MÉTODO *(Acción del ácido sulfúrico sobre el etanol)*

V	1,26021		
VI	1,26049	1,26035	$+ 0,32 \times 10^{-4}$

CUARTO MÉTODO *(Deshidratación catalítica del etanol por la alúmina)*

VII	1,26032		
VIII	1,26035	1,26033	$+ 0,16 \times 10^{-4}$

Las diferencias que presentan las *medias* por *métodos* de preparación, son del mismo orden que las de las series o las de los matraces. Parece, por tanto, excluída toda causa de error sistemática, quedando así justificado de nuevo, y por otro camino, el valor adoptado para la media 1,2603.

Cálculo del peso molecular del etileno y del peso atómico del carbono

La cantidad que tiene más importancia, sin duda alguna, para el cálculo del peso molecular de un gas por los métodos físico-químicos, es su densidad absoluta o peso del litro normal. Si todos los gases fueran perfectos, es decir, obedecieran de modo riguroso a las leyes de Mariotte, Gay-Lussac y Avogadro, el peso molecular de un gas cualquiera vendría dado por la expresión sencilla

$$M = RL$$

donde M representa el peso molecular, L el peso del litro normal, y R la constante de los gases. Pero como en la práctica los gases sólo siguen de modo aproximado las leyes citadas, resulta que todos contienen algo más de una molécula gramo en el volumen R, a excepción del helio, el hidrógeno y el neo, que contienen algo menos. Para obtener el peso molecular exacto será necesario, por consiguiente, introducir en la expresión anterior una corrección que indique la anomalía dicha; llamando $1 + \lambda$ al número exacto de moléculas que el gas realmente contiene en el volumen R, será preciso dividir el segundo miembro de la anterior igualdad por el factor $1 + \lambda$, resultando entonces

$$M = R \frac{L}{1 + \lambda}$$

Este término λ, llámase *desviación a la ley de Avogadro*, y es para la mayoría de los gases, positivo y pequeño en valor absoluto; sólo para el hidrógeno, el helio y el neo, es negativo.

Todos los métodos utilizados para calcular el peso molecular de un gas, tienen por objeto determinar el valor de esta *desviación*. Tres son los más frecuentemente empleados:

1.° Método de los volúmenes moleculares, de A. Leduc (1).

2.° Método de las densidades límites, de Lord Rayleigh y D. Berthelot (2).

3.° Método de reducción de las constantes críticas a 0° y 760 mm., de Ph. A. Guye (3).

Como en el caso del etileno poseemos datos bastante exactos de sus constantes críticas, pues los resultados de Dewar y Cardoso son muy concordantes, se podrán aplicar los tres métodos anteriores. Es lo que vamos a hacer a continuación, exponiendo muy brevemente en cada uno su fundamento.

Método de los volúmenes moleculares.—Apoyándose en la noción de *estados correspondientes,* A. Leduc ha enunciado la ley que sigue: A temperaturas y presiones correspondientes, los volúmenes moleculares de los diversos gases, referidos a uno de ellos, supuesto perfecto, son guales. La ley de Avogadro sobre la cual se funda es, pues, según esto, una ley límite, y lo mismo la de Gay-Lussac. Llamando M y M_1 a los pesos moleculares de dos gases, y L y L_1 a sus densidades en iguales condiciones de presión y temperatura,

$$\frac{M}{M_1} = m \quad \text{y} \quad \frac{L}{L_1} = l$$

son el peso molecular y la densidad relativos. El cociente de ambas expresiones, es decir,

$$\frac{m}{l} = \varphi$$

es lo que se llama volumen molecular.

---

(1) Ann. Chim. Phys. *15*, I, 74, 1898; [8]. *19*, 441, 1910; C. R., *125*, 297, 397, 648, 1897; *148*, 407, 549, 1909.

(2) Proc. Roy. Soc., *59*, 448, 1892: D. Berthelot: C. R., *126*, 1415, 1501, 1898; *144*, 194, 269, 352, 1907; *145*, 317, 1164, 1908.

(3) J. Chim. phys., *3*, 321, 1905.

El peso molecular viene dado por la fórmula

$$M = 32 \cdot \frac{\varphi \cdot L}{(\varphi \cdot L)\ \text{oxígeno}}.$$

Como unidad, Leduc adopta el oxígeno, cuyo volumen molecular, así como el de otro gas cualquiera, los deduce de las constantes críticas t_c y p_c, valiéndose de fórmulas con diversas constantes numéricas calculadas por él; el grupo de fórmulas que va a continuación son las revisadas por Leduc y publicadas en los *Comptes Rendus de la Academia de Ciencias de París.*

$$\varphi = 1 - \frac{ez + e^2u}{10^4};$$

$$Z = 18{,}85X(2X^3 - X^2\sqrt{2} + 2X\sqrt{2} - 1);$$

$$u = 5X^2(X - 0{,}95), \qquad e = \frac{76}{p_c}, \qquad X = \frac{T_c}{T}.$$

Respecto de las constantes críticas del etileno, poseemos las determinaciones siguientes:

Autor	T_c	p_c
Cailletet	286	»
Van der Waals	282,3	58
Dewar	283,1	51
Cardoso, Arni y Bell	282,5	50,8

Unicamente pueden tomarse en cuenta los valores de Dewar y Cardoso, para los cuales el gas ha sido purificado por vía física, empleando los procedimientos de la técnica moderna de destilaciones fraccionadas. Además la concordancia entre ellos es tal, que el peso atómico del carbono que se deduce es el mismo en ambos casos.

Aceptando para el oxígeno las constantes de Olszewski, $T_c = 154{,}2$ y $p_c = 50{,}8$, se obtienen para valores de las distintas constantes de las ecuaciones de A. Leduc, los siguientes:

Autor	X	e	u	z	φ
Dewar	1,037	1,49	0,36	51,64	0,99223
C_2H_4 Cardoso, Arni y Bell.	1,035	1,49	0,36	51,28	0,92228
O_2 Olszewski	0,5648	1,496	—0,2458	5,396	0,999248

Tomando para peso del litro normal de oxígeno el valor obtenido por

A. Germam (1) L = 1,42905, y aplicando la fórmula de Leduc, se obtiene para peso molecular del etileno:

$$M_1 = \frac{1,2603 \times 0,99223}{1,42905 \times 0,999248} \cdot 32 = 28,023, \text{ Dewar:}$$

$$M_2 = \frac{1,2603 \times 0,99228}{1,42905 \times 0,999248} \cdot 32 = 28,024, \text{ Cardoso.}$$

Restando de este peso molecular cuatro veces el peso atómico del H (H = 1,0076), y dividiendo el resultado por 2, resulta para peso atómico del carbono:

A partir de las constantes críticas de Dewar C = 11,997.
— — — de Cardoso C = 11,997.

Método de las densidades límites.—Lord Rayleigh (2) es quien, por primera vez, ha emitido la hipótesis de que la ley de Avogadro-Ampère es de validez limitada; los gases sólo obedecen a ella de modo riguroso cuando la presión es próxima a cero. La fórmula de las densidades límites debida a Berthelot (3), puede escribirse:

$$M = R \cdot L(1 - A_0^1)$$

(siendo M el peso molecular, L el peso del litro normal de un gas y A_0^1 el coeficiente medio de desviación de la ley de Mariotte entre 0 y 1 atmósfera) o bien de esta otra manera:

$$M = 32 \cdot \frac{L}{L_{0x}} \times \frac{1 - A_0^1}{(1 - A_0^1)_{\text{oxígeno}}}.$$

El coeficiente de desviación A_0^1 se calcula, a partir de las constantes críticas, por la fórmula

$$A_0^1 = 0,0002575 \frac{T_c}{p_c} \cdot \left[\left(\frac{T_c}{T}\right)^2 \cdot 6 - 1\right].$$

Aplicando esta fórmula, se tiene para el término $1 - A_0^1$ los valores siguientes:

	$1 - A_0^1$
Oxígeno (Olszewski).....	0,999286
Etileno (Dewar).....	0,992207
» (Cardoso).....	0,992232

(1) J. Chim. phys. *12*, 66, 1914.
(2) Proc. Roy. Soc. *56*, 448, 1892.
(3) Journ. de Phys. *VIII*. 263.

La fórmula de las densidades límites antes indicada, da para peso molecular del etileno:

$$M = 32 \cdot \frac{1,2603}{1,42905} \times \frac{0,992207}{0,999286} = 28,021;$$

$$M = \frac{1,2603}{1,42905} \times \frac{0,992232}{0,999286} \times 32 = 28,021,$$

y para el peso atómico del carbono:

C = 11,996 (Dewar).
C = 11,996 (Cardoso).

Método de reducción de las constantes críticas.—Ph. A. Guye ha demostrado (1), partiendo de la ecuación de estado de van der Waals, referida a la unidad de volumen,

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = (1 + a)(1 - b)\frac{T}{273},$$

que el número de moléculas-gramos $(1 + \lambda)$ contenido en el volumen R a 0° y 760 mm., viene expresado por la fórmula

$$1 + \lambda = (1 + a)(1 - \tfrac{7}{11}b)$$

y que, teóricamente, por lo menos, el peso molecular viene dado por la expresión

$$M = \frac{RL}{(1 + a)(1 - b)},$$

donde a y b pueden ser calculados, a partir de las constantes críticas, según distintos métodos (2). Guye ha demostrado que, para los gases fácilmente liquidables, estos coeficientes deben sustituirse por otros a_0 y b_0 calculables, a partir de los primeros, por las fórmulas empíricas siguientes:

$$a_0 = a\left(\frac{T_c}{T}\right)^{\frac{3}{2}} \quad \text{y} \quad b_0 = b\left(1 + \frac{T_c - T}{T_c}\right)\left(1 - \beta\frac{p_c}{p}\right),$$

siendo para todos los gases,

$$\beta = 0,008229.$$

---

(1) J. Chim. phys. *3*; 321, 1905.

(2) Véase Haentzshel, Ann. de Physik, *4*, 16, 565, 1905, y Kuenen, ibid., *4*, 17, 189, 1905.

Aplicando este método de cálculo de reducción de las constantes críticas, se tiene:

a	b	a_0	b_0	$(1+a_0)(1-b_0)$	T_c	p_c
0,009005	0,002557	0,009509	0,002213	1,00728	283,1	51
0,009006	0,002562	0,009548	0,002215	1,00725	282,5	50,8

de donde se calcula para peso molecular del etileno:

$$M = \frac{1,2603}{1,00728} \cdot 22,412 = 28,041;$$

$$M = \frac{1,2603}{1,00725} \cdot 22,412 = 28,041.$$

El peso atómico del carbono que se obtiene es:

$$C = 12,006$$
$$C = 12,006.$$

Observando los resultados obtenidos, se ve que el valor calculado por el método de Guye se separa de modo sensible de los valores que se obtienen por los métodos de Leduc y Berthelot, entre sí concordantes. Hecho análogo a lo observado por Baume y Perrot (1), para e caso del etano, en el cual los valores deducidos para el peso atómico del carbono, no concuerdan tampoco. Es interesante hacer notar que el método de reducción de las constantes críticas, o da valores más altos que los otros dos métodos, como en el presente caso, o valores más bajos, como en el caso del valor de C, calculado a partir de la densidad del óxido de carbono; mientras que el método de Guye da 12,001 para peso atómico del carbono, los métodos de Leduc y Berthelot dan un valor mucho más elevado: 12,009.

De todos modos, aunque haya entre los tres valores del peso atómico del carbono la diferencia señalada, la media general que de ellos se deduce

$$C = 12,000,$$

concuerda perfectamente con el valor gravimétrico deducido, según los métodos clásicos C = 12,000, y con las medias deducidas de las densidades de los gases, corregidas de la desviación de Avogadro,

C = 12,001 (Guye) a C = 12,003 (Rayleigh) a partir de C O
C = 12,003 » » de CO_2
C = 12,002 » » de C_2H_2

De donde la media: C = 12,002.

(1) J. Chim. phys. 7, 369, 1909.

El valor del peso atómico del carbono C = 12,000, calculado a partir de la densidad absoluta del etileno L = 1,2603, hallada por nosotros, concuerda exactamente con el valor que hasta 1916 venía admitiendo el Comité Internacional. La tabla de los pesos atómicos correspondiente a dicho año indica, no obstante, el valor C = 12,005, tomado de una Memoria reciente de Richards y Hower (1). Sin embargo, E. Moles ha demostrado perentoriamente (2) que, si en lugar de tomar para valor del peso atómico del sodio, Na = 23,995, como hacen Richards y Hower, se toma el valor que se deduce directamente de los experimentos Na = 23,997, se obtiene en lugar de C = 12,005, , C = 12,001, número prácticamente idéntico al que se deduce de las determinaciones químicas y físicoquímicas precedentes.

Conclusiones

1.ª Durante el curso de este trabajo se han estudiado y fijado las condiciones óptimas de preparación del etileno puro por los cuatro procedimientos:

I	Deshidratación del alcohol etílico por el ácido fosfórico.	
II	Id.	por el ácido bórico anhidro y fundido.
III	Id.	por el ácido sulfúrico.
IV	Id.	catalítica del alcohol por la alúmina.

2.ª Se ha utilizado el método del matraz para determinar las densidades de los gases, con las modificaciones últimamente introducidas en el Laboratorio de Química Física de la Universidad de Ginebra. En la purificación física del gas se ha hecho también uso de las últimas modificaciones introducidas en la técnica moderna, entre ellas el hacer *borbotear* el gas en cada destilación fraccionada a través del mismo gas condensado.

3.ª La media de 21 determinaciones definitivas, correspondiendo a ocho series y ejecutadas con gas preparado por los métodos indicados, da para valor del *litro normal* de etileno,

$$L_0 = 1{,}26031 \text{ gr.}$$

4.ª Con este valor de la densidad absoluta se ha calculado el peso

(1) J. Am. ch. Soc. *37,* 106, 1915.
(2) J. Chim. phys. *15,* 51, 1917.

molecular del etileno referido al oxígeno. Este valor, así calculado, conduce al valor medio

$$C_2 H_4 = 28{,}029,$$

que da para peso atómico del carbono el valor provisional

$$C = 12{,}000.$$

5.ª Análogamente a otros casos, por ejemplo, el que señala Baume para el etano, existe una cierta discordancia entre los resultados obtenidos por los procedimientos de cálculo de Berthelot y Leduc, de una parte, y el de Guye, por otra.

6.ª El valor medio hallado C = 12,000 concuerda muy bien con el valor medio C = 12,002 obtenido por los métodos gravimétricos clásicos, y los físicoquímicos de las densidades de gases.

El presente trabajo ha sido ejecutado durante los semestres de invierno 1916-1917, y de verano 1917, en el Laboratorio de Química Física de Ginebra, estando su autor pensionado por la Junta para Ampliación de Estudios.

Es una gran satisfacción para mí expresar en este lugar mi profunda gratitud al sabio profesor Ph. A. Guye, director del Laboratorio e inspirador de este trabajo, y a los doctores Briner, jefe de trabajos, y Moles, primer asistente, de quienes en todo momento he recibido amable y eficacísima ayuda.

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE NÚMERO

Páginas.

I. Revisión crítica de las especies peninsulares del género Viola, por *B. Lázaro e Ibiza*..... 249

II. Estudio analítico de los aceites de oliva españoles, por *Obdulio Fernández y F. Bustamante*..... 281

III. Algunos insectos Neurópteros de la República Argentina, serie tercera, por el *R. P. Longinos Navás, S. J.*..... 287

IV. Nota preliminar acerca de silicatos naturales españoles, por *L. Fernández Navarro*..... 306

V. Cuestiones espectroquímicas, por *Ángel del Campo*..... 326

VI. Nuevo método para medir la velocidad de la luz. Determinación de algunas constantes físicas, que dependen de la medida de pequeños intervalos de tiempo, por *Pedro Carrasco Garrorena*. (Conclusión.)..... 340

VII. Contribución a la revisión del peso atómico del carbono. Determinación de la densidad normal del gas etileno, por *Tomás Batuecas*..... 358

La suscripción a esta Revista se hace por tomos completos, de 500 a 600 páginas, al precio de 12 pesetas en España y 12 francos en el extranjero, en la Secretaría de la Academia, calle de Valverde, número 26, Madrid.

Precio de este cuaderno: **1,50 pesetas**.

REVISTA

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

DE

MADRID

TOMO XVII: 2.° DE LA 2.ª SERIE

NÚMEROS 10, 11 Y 12: ABRIL, MAYO Y JUNIO DE 1919

SMITHSONIAN INSTITUTION
MAR 24 1928
NATIONAL MUSEUM

MADRID
IMPRENTA CLÁSICA ESPAÑOLA
GLORIETA DE CHAMBERÍ
1919

Revisión crítica de las especies peninsulares del género Viola

por

B. Lázaro e Ibiza

(Conclusión.)

1920

Sección 5.ª—CORNUTA

- Peciolos tan largos o más que los limbos....
  - Estípulas muy anchas y con el lóbulo terminal y los dientes laterales grandes..... *V. cornuta* L.
  - Estípulas largas y estrechas, con dientes pequeños y agudos..
    - alesnados; pétalos azules con venas de color más intenso... *V. lactea* Sm.
    - no alesnados; pétalos pálidos....
      - Estípulas medias más largas que los peciolos. *V. elatior* Fr.
      - Todas las estípulas más cortas que los peciolos..... *V. stagnina* Kit.
- Peciolos mucho más cortos que los limbos..... *V. subressilifolia* Láz.

Viola cornuta L. Sp. plant. Ed. II (1763), pág. 1.325.

Sinonimia.

Viola Pyrenaica Willd. non Ramd.

Iconografía.

Villars Cat. Strassb., lám. 5.
Mutel Fl. Franç., lám. 9.
Botanical Magassin, tom. XXI, lám. 791.
Rechb. Ic. Fl. Germ., tom. III, lám. 70.
Rechb. Ic. Pl. crit., tom. III, lám. 267, fig. 429.

Característica.—Planta herbácea, rizocárpica, caulescente, con rizoma delgado y con la superficie verde casi totalmente lampiña. Tallos de uno a tres decímetros, delgados y ascendentes. Hojas inferiores, con el limbo oval no acorazonado, en las superiores oval, truncado en la base o débilmente acorazonado; todas con el borde festonado dentado. Estípulas foliáceas, casi tan grandes como los limbos, sinuado hendidas lateralmente y con el lóbulo terminal de forma triangular. Flores de las más grandes de su género, sostenidas por largos pedúnculos bracteolados. Sépalos lineales agudos, casi tan largos como los pétalos. Estos de un azul violáceo intenso, con el espolón cinco o seis veces más largo que los apéndices estaminales y angostado en pico en su terminación. Estigma ensanchado en forma de embudo en su ápice. Cápsula obtusa más corta que los sépalos.

Florece durante todo el verano.

Habitación.—Vive esta especie en los sitios con abundante vegetación herbácea de las zonas alpinas y subalpinas.

Área.—El tipo genuino sólo se encuentra en las montañas asturianas y del Pirineo; la variedad *parvistipulata* en alguna localidad del Este, y la *micrantha,* menos frecuente, en el área del tipo Somosierra y en el Moncayo.

Variedades.—Estípulas grandes excediendo en algo al peciolo, con grandes dientes laterales y con el lóbulo terminal triangular; flores grandes..... Var. *genuina* Auet.

Hojas pequeñas, estípulas pequeñas y con pocos dientes; flores grandes. Var. *parvistipula* Lge.

Estípulas profundamente palmeado-partidas; flores mitad menores. Var. *micrantha* Lge.

Variedad 1. **Genuina** Auct.

Localidades.—Región septentrional y zona pirenaica: Asturias, sin localidad (Palau), Mieres (Gómez Ortega), Roncesvalles (Fernández Navarrete), Bielsa (Campo), Benasque (Lázaro), Valle de Arán (Isern), Artiga de Lin (Compagni), Pirineos, sin localizar (Tournefort, Quer, Palau), Bosques de Arties (Costa).

Región central: Aragón (Pourret), sin localidad, Moncayo (Calavia), no Willkomm. Esta localidad debe referirse exclusivamente a la variedad *micrantha,* única que yo he hallado en el Moncayo. Los ejemplares de Calavia, examinados por mí, pertenecen a ella, y la cita de Willkomm, creemos que debe atribuirse a un error de Colmeiro.

Variedad 2. **Parvistipulata** Lge.

LOCALIDADES.—Zona pirenaica: Puerto de la Picada (Lange).

Variedad 3. **Micrautha** Lge.

SINONIMIA.

Viola Moncaunica.—Pau.

Localidades.—Región septentrional y zona pirenaica: Puerto de Pajares. Benasque, Puigcerdá.

Región central: Moncayo (Lázaro), Dehesa de Somosierra (Cutanda, Lázaro).

Viola lactea Smith, Engl. Bot. tom. VII, lám. 445 (1798).

SINONIMIA.

Viola Lusitana Brot. Phyt. Lusit., I, núm. 11 (1806).
— *Lusitanica* Brot. Fl. Lusit.. tomo I, pág. 306 (1804).
— *lancifolia* Thore (non Wallr.), Chlor. de Land, pág. 357 (1803).
— *pumila* Chaix, var. *lancifolia* D C. Prodromus, tom I, página 299.

ICONOGRAFÍA.

Engl. Bot., tom. VII, lám. 445.
Mutel.—Fl. Franç., lám. 9.
Dietrich.—Fl. Bor., tom. V, lám. 356.
Brotero.—Phyto gr., lám. 17.
Rechb.—Ic. Fl. Germ., tom. III, lám. 15 y 16.
Rechb.—Ic. crit., tom. I, lám. 96 y lám. 99.
Rechb.—Deutsch. Flora, fig. 4.506.
Schlechtendal.—Flora, von Deutsh., tom. XIII, lám. 1.277 (mediana).

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, rizocárpica, caulescente, con rizoma oblicuo y delgado, del que nacen tallos aéreos tendido-ascendentes, de ocho a doce centímetros. Hojas con la parte superior del peciolo alada, y el limbo lanceolado, largo, redondeado con su base, no acorazonado. Estípulas lanceoladas, largas y estrechas con dientes estrechos, alesnados y espaciados. Pedúnculos muy delgados y mucho más largos que las hojas y flores grandes. Sépalos lanceolados, estrechos, escotados y casi bilobula-

dos en su apéndice basilar. Pétalos subagudos, tres veces más largos que anchos, violados, todos con nerviaciones más oscuras; el inferior algo aquillado y con el espolón triple más largo que los apéndices de los sépalos. Estigma ganchudo en su ápice. Cápsula aovado acuminada, con la sección trigona y sostenida por pedúnculos erguidos.

Florece de mayo a julio.

HABITACIÓN.—Se encuentra en los lugares húmedos de las praderas y en los brezales.

ÁREA.—La variedad *genuina* se encuentra repartida por las regiones septentrional, occidental y algunos puntos de la central, y la variedad *minor* hasta hoy sólo ha sido hallada en esta última.

VARIEDADES.

Tallos medianamente robustos; hojas de unos tres centímetros de longitud y hasta dos de anchura, dentadas; flores grandes. Var. *genuina* Auct.

Tallos muy delgados, hojas mitad menores; flores pequeñas. Var. *minor*; Láz.

—

Variedad 1. **Genuina** Auct.

LOCALIDADES.—Región septentrional: Galdo (Rodríguez Franco), Mollid (Sánchez Varela), Cancienes (Lázaro), Santander (Hueto), Guetaria (Lázaro).

Región occidental: Pontevedra y Laguardia (P. Merino), Valdomar (Lange), Beira septrional y Sierra Estrella (Brotero), Grandola (Welwitsch), Miño y Baixas de Sarraia (Pereira Coutinho), Bussaco (Lázaro).

Región central: Serranía de Cuenca (Lázaro).

Variedad 2. **Minor** Láz.

ICONOGRAFÍA.

Lázaro.—Rev. crit. *Viola*, lám. 2.ª

Región central: Villablino (Lázaro) Soncillo (Estébanez), La Aliseda (Cáceres) (Rivas Mateos).

Viola elatior Fr. Nov. suec. edición (1828), pág. 277.

SINONIMIA.

Viola canina L., var. *elatior* Döll.

montana Parl. non L.

— *persicœfolia* M. K., var. *Rothiana* Wallr.

Viola persicœfolia M. K., var. *cordifolia* Sagorski.
— *stricta* Horm.
— *stipularis* Fr.
— *erecta* Gilib.
— *elata* Link.

ICONOGRAFÍA.

Mem. Strasb., lám. 3, fig. 2 y 3.
Schk.—Handb., lám. 269.
Dietrich.—Fl. bor., tom. V, lám. 357.
Mutel.—Fl. franç., lám. 9.
Schkuhr.—Handb., lám. 269.
Rechb.—Ic. Fl. Germ., tom. III, lám. 17, fig. 209 y 210.
Reichb.—Ic., crit. fig. 4.508.
Schlechtendal.—Fl. von, Deutsch., tom. XIII, lám. 1.281.

CARACTERÍSTICA.—Planta perenne, con renuevos en su base. Tallos derechos, erguidos, lampiños en la parte inferior, y pubescentes en la superior, de dos a cuatro decímetros de altura. Hojas distantes, lanceoladas, con festones poco profundos, pubescentes, algo acorazonadas en su base, con el peciolo estrechamente alado y siempre algo más corto que el limbo. Estípulas de las hojas medias foliáceas, oblongo-lanceoladas, más largas que los peciolos respectivos, con alguno que otro diente o lacinia: las demás son más cortas que los peciolos y claramente dentadas en sus bordes. Pedicelos más largos que las hojas, con dos bracteas lanceolado lineales, verdes y relativamente grandes, así como las flores. Sépalos algo anchos, agudos, algo más cortos que los pétalos. Estos grandes, anchos, de color violado pálido; espolón igual o poco más largo que los apéndices de los sépalos. Estigma algo ganchudo en su ápice. Cápsula oval levemente aguzada.

Florece en mayo y junio.

HABITACIÓN.—Se encuentra en sitios abundantes en vegetación herbácea y en praderas algo húmedas.

ÁREA.—Siendo poco numerosos los datos referentes a la existencia de esta especie en España, no creemos que hasta el presente se la pueda asignar otra área que las montañas del centro y algunas del Norte.

LOCALIDADES.—Región septentrional: Asturias (Palau), sin localidad.

Región central: Montes de Burgos (Palau), Moncayo (Gómez Ortega), San Rafael y El Espinar (Lázaro).

Región oriental: Caldas de Mombuy (?) Colmeiro).

OBSERVACIONES.—Creemos interesantes las que nos sugiere lo ocurrido con esta especie. Citada por autores antiguos de la talla y representación

de Palau y de Gómez Ortega, y que Amo y Mora en su Flora fanerogámica de la Península (tom. VI, pág. 334) la incluye entre especies españolas; pero Willkomm y Lange no sólo no la incluyen, sino que guardan tal silencio, que ni para rectificar a Amo y Mora, que en esta parte de su flora se adelantó al *Prodromus* de aquellos autores, hacen mención de ella. Sin duda, poco atentos a lo que los autores españoles antiguos y aun los contemporáneos de Willkomm como Amo consignaron, proceden como si al escribir ellos sobre nuestra flora se tratase de una explorada por ellos por primera vez y actúan con el mismo desembarazo y libertad de acción que si no hubiesen tenido predecesores. Tal era el olvido en que a los botánicos españoles tuvieron, que acaso no sintieron ni la sospecha de que tal especie hubiese sido mencionada en España. Sólo así se explica que no la mencionasen ni la rechazasen; la omitieron, sencillamente, porque la casualidad no la puso en su camino, y porque este caso como en otros no tuvieron a bien enterarse de lo que otros habían observado y publicado antes de ellos.

Colmeiro, que siendo tan erudito en cuestiones de nuestra flora no podía incurrir en este defecto, tuvo en tanto al *Prodromus* de Willkomm y Lange, que al ver que estos autores nada decían de la *Viola elatior* Fr., a pesar de que el mismo lo había citado anteriormente en Caldas de Mombuy, omitió toda mención de este especie en aquel monumento benedictino que se llama *Enumeración y Revisión*, donde existe la tal copia de datos referentes a nuestra flora que bastaría para justificar su buen nombre de laboriosísimo bibliógrafo. Igual grado de acomodación a los dos autores Willkomm y Lange, se advierte en otros puntos de su obra, hasta el extremo de hacerle prescindir de una observación suya, aun tratándose de especie que aquéllos no negaron, sino que simplemente omitieron por desconocimiento. Nos parece ya excesiva sumisión a la autoridad de aquéllos y en contradición con su propio criterio, pues en la intimidad con que me distinguió hube de oírle lamentarse, en reiteradas ocasiones, de la facilidad con que los extranjeros rectificaban a nuestros botánicos, y no siempre con razón, pues citaba muchos casos en que este dogmatismo de fuera había sido rectificado a su vez para restaurar la opinión de los autores españoles mejor informados de lo que algunos pensaban.

Y de estos casos es uno de los más típicos el de la *Viola elatior*, porque la naturaleza, volviendo por sus fueros, nos ha hecho encontrar en varias localidades ejemplares indudables de esta especie, hecho que motiva esta rectificación, que nos permite restaurar el criterio de nuestros clásicos, y nos autoriza para afirmar la existencia de la *Viola elatior* en España. Porque nada más seguro que reconocer esta especie en los ejemplares por nosotros recogidos, que poseen la característica completa de

esta *Viola,* y muy visiblemente, entre los caracteres que mejor la distinguen de otras congéneres análogas de Europa, se advierte en ellos la gran heterogeneidad de sus estípulas. Las que corresponden a sus hojas inferiores son pequeñas, siempre mucho más cortas que los peciolos, agudas, con los bordes muy dentados, y los dientes acuminados, mientras que las que acompañan a las hojas medias tienen las estípulas foliáceas, mucho mayores, doble largas que los peciolos y casi enteras, pues únicamente presentan algún diente en sus bordes o alguna breve lacinia en su base.

Estos carácteres inconfundibles los poseen los ejemplares por mí recogidos y que se conservan en el herbario español de mi laboratorio. Ellos me permiten restaurar como especie española la *Viola elatior* y hacer valer los datos allegados por Palau y Gómez Ortega tan desdeñosamente omitidos por autores extranjeros y por nacionales que les siguieron con excesiva docilidad.

Viola stagnina Kit., in Schultes, Œst. Fl. (edic. 2.ª), pág. 426 (1814).

SINONIMIA.

Viola marginata Peterum, Anal. Pilschl (1846).
— *persicifolia* Fries, Nov. Fl. Suec. (2.ª edición), pág. 274.
— *persicifolia* Fr., var. *stagnina* Kirschl., Not. pág. 14.
— *persicifolia* Fr. var. *pumila* Abrom. Fl. Œst. und. West Preussen, pág. 20.
— *persicifolia* Fr. var. *Ruppiana* Vallr. Schd., pág. 101.
— *persicifolia* Fr. var *humilis* Fr. Mant. III, pág. 124.
— *canina* L., var. *stagnina* Doell. Fl. Bad, III.
— *lactea* Rechb. Deutsch. Fl., tom. III, pág. 38.
— *stricta* Hornem. Fl. Dan.
— *lactea* Rechb., var. *grandistipulata* Peterm. Filips.

ICONOGRAFÍA.

Gmelin.—Fl. Bad., IV, lám. 10.
Engl. Bot. Suppl., lám. 2.981.
Mem. Strassb., III, lám. 2 y 3.
Œder.—Fl. Danica, tom. XI, lám. 1.812.
Rechb.—Ic. crít., lám. 4.507, fig. 1 a 4.
Rechb.—Ic. Fl. Germ., tom. I, fig. 208.
Kirsch.—Not., lám. 2, fig. 11 y 12, y lám. 3, fig. 15.
Schlechtendal.—Flora von Deutsch, tom. XIII. lám. 1.278.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, rizocárpica, caulescente, con la

superficie verde lampiña y rizoma delgado y leñoso del que nacen tallos herbáceos, erguidos. Hojas con el peciolo próximamente tan largo como el limbo y provistos de aletas estrechas, al menos en su porción superior, y con el limbo oval lanceolado, acorazonado en la base. Estípulas no muy largas, lanceoladas, agudas con los dientes no alesnados. Flores pequeñas, sostenidas por pedúnculos axilares y bracteolados más largos que las hojas. Sépalos lanceolados, casi agudos. Pétalos obtusos de color azul o violado pálido, sin venas de color más intenso. Estigma ganchudo en su ápice. Cápsula ovoidea, apiculada y pequeña.

Florece en primavera.

HABITACIÓN.—Existe esta especie, mezclada con otras, en algunas praderas.

ÁREA.—Hasta hoy, únicamente ha sido observada en las regiones septentrional y occidental.

LOCALIDADES.—Región septentrional y zona pirenaica: Arosa (Rivas Mateos), Begonte, Rábade, Valdomar (P. Merino), Santiago de Compostela, San Lorenzo y Vite (Planellas), Sobrado, Furelos, Mellid, Arzua, Coruña (P. Merino), Guecho (Lázaro), Bilbao (Lange), valle de Vertizarana (Lacoizqueta).

Región occidental: Bruzas, Camposancos, Marín, La Toja (P. Merino).

Viola subsselifolia Láz. *Una nueva especie del género Viola,* (Bol. Soc. Esp. Hist. natural, tom. XXXIV (1906).

ICONOGRAFÍA.

Lázaro.—Rev. crít. *Viola*, lám. III.

DESCRIPCIÓN.—Planta perenne, con los tallos largos y erguidos, de dos a cuatro decímetros de altura, con las hojas muy espaciadas y separadas por largos entrenudos, casi sentadas, pues los peciolos, por lo menos diez veces más cortos que los limbos, apenas miden de dos a tres milímetros y el limbo es de dos y medio a tres centímetros de longitud por unos dos de anchura máxima, acorazonado agudo, angostado en la base, y con las márgenes profunda y desigualmente dentadas. Estípulas estrechas de quince a veinte milímetros de longitud, enteras o con uno o dos dientes en cada lado de su base. Pedúnculos florales más largos que las hojas, arqueados y unifloros. Flores pequeñas, azules, con los sépalos largamente prolongados en su base, largos, agudos y conniventes. Pétalos violados, el mediano con espolón corto. En lo demás es afine a la *Viola elatior.*

Florece en primavera.

HABITACIÓN.—Parece ser propia de los lugares sombríos y húmedos de los bosques.

ÁREA.—Imposible de precisar, sin nuevas observaciones, la distribución de esta interesante especie.

LOCALIDADES.—Región central: Jarandilla (Cáceres), recolección de don Antonio Mateos e Izquierdo.

OBSERVACIONES.—Con el nombre de *Viola Ruppii* Brot, aparece indicada una especie de la Flora portuguesa por autores de tanto prestigio como Brotero, Link y Bonnet (Colmeiro, Enumeración y Revision, tom. I, pág. 347), y de la que los autores modernos no hacen mención en Portugal. Colmeiro insinúa, aunque con duda, si será la que con el mismo nombre designó Allioni y la hace también sinónima de la *V. lancifolia* Thore. Ambas cosas no son posibles, pero la *V. Ruppii* All. es la *V. montana* L, cuya existencia en la Península no es imposible, y aun algún autor moderno la ha citado en las cercanías de Avila, y la *V. lancifolia* Thore es la misma que lleva el nombre de *V. lactea* Smit, especie que indiscutiblemente existe en diversas regiones de la Península y a la cual creemos mucho más posible que se refieran las noticias que con el nombre de *Viola Ruppii* consignaron los antiguos, puesto que la *Viola lactea* Sm. se extiende por Inglaterra, Francia, España y Portugal.

SECCIÓN 6.ª—TRICOLOR

- Especies con tallo bien desarrollado.....
  - Hojas superiores oblongo-lanceoladas y anchas.....
    - Limbos de las hojas y segmentos terminales de las estípulas, gradualmente angostados sobre el peciolo; todos o algunos de los pétalos amarillos. — *V. tricolor* (L.) Wittr.
    - Limbos de las hojas redondeados en su base; todos los pétalos azulados. — *V. Kitaibeliana* R. et S.
  - Hojas superiores con limbo espatulado lineal o lanceolado.....
    - Tallos delgados; entrenudos largos: hojas superiores apenas dentadas. — *V. cæspitosa* Lge.
    - Tallos robustos; entrenudos más cortos que las hojas; hojas superiores con dientes poco numerosos pero bien marcados. — *V. longifolia* Láz.
- Especies subacaules.....
  - Estípulas lirado piruatífidas..... *V. Demetria* Prol.
  - Estípulas bi o trífidas..... *V. parvula* Tin.

Viola tricolor (L.) Wittr. Viol. Stud., I (1899), pág. 54.

SINONIMIA.

Viola Curtisii Forster. Engl. Bot., lám. 2.693.
— *tricolor* L., var. *sabulosa* DC. Prodr., tom. I, pág. 304.
— *sabulosa* Bor. Bull. Loc. Acad. Angers. 24, n.° 6, pág. 335.
— *tricolor* L., var. *syrtica* Floerke, in Mart. et Koch. Deutsch, Fl., tom. II, pág. 272.
— *tricolor* L. subesp. *ammotropha, coniophila* et *stenochila* Wittroch. Stud. Viol.

ICONOGRAFÍA.

Medicus Beob, lám. 385.
Gœrtn.—Carp., lám. 112.
Agardh.—System., lám. 16.
Lamark.—Encyclop., lám. 725.
Hayne Gtr. darst.—III, lám. 4 y 5.
Annal. Sc. Nat., tom. IV, lám. 4, fig. 16.
Œder.—Fl. Danica, tom. IV, lám. 623.
Sver Bot., lám. 44.
Wood.—Med., lám. 290.
Curt.—Lond., I, lám. 5.
Engl. Bot., tom. XVIII, lám. 1.288.
Sturm.—Flora, tom. III, lám. 11.
Nees.—Düsseld, lám. 385.
Journ. Flora (1855), lám. 2.
Schrank.—Fl. Monac, tom. I, lám. 51.
Guimpel et *Schl* Abbildung, lám. 29.
Pringhsheim.—Jarhb., I, lám. 11.
Wagner.—Phar. med. bot., lám. 66.
Dietrich.—Fl. Bor., tom. II, lám. 95.
Rechb.—Ic. Fl. Germ., tom. III, lám. 21.
Berg.—Darstellung, II, lám. 16.
Wittr.—Viol. Stud., I, fig. 21 y 49.
Wittr.—Viol. Stud., fig. 44 y 47, 213 y 214, 153 y 159, 160 y 164.
Wittr.—Viol. Stud., figs. 77 a 79.
Schlechendal. — Flora von Deutsch, tom. XIII, láms. 1.284 *a* y 1.284 *b*.

Perrin end Boulger, British flowering Plants, tom. III, lám. 175.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, generalmente anual, a veces bienal y aun perenne, siempre caulescente, con la superficie lampiña o pubescente. Tallos aéreos, únicos que esta especie posee, de cinco a cuarenta centímetros. Hojas cortamente pecioladas, ovales, elípticas, lanceoladas, con el limbo angostado en su base y decurrente sobre el peciolo y con el borde dentado-festonado. Estípulas dos o tres veces más cortas que las hojas, palmeado-partidas, con el lóbulo terminal más grande y foliáceo. Flores sostenidas por pedúnculos doble o triple más largos que las hojas, desde muy grandes a muy pequeñas, según la variedad. Sépalos ovales lanceolados. Pétalos azules y aun a veces casi negros, amarillos blancos o rojizos, o manchados de estos colores, con el espolón poco más largo que los apéndices de los sépalos. Estilo recto, engrosado en su cima y estigma, ensanchado y excavado en su centro en forma de embudo. Cápsula casi trigona y lampiña.

Florece de marzo a octubre.

HABITACIÓN.—Es planta que prefiere los terrenos montuosos de composición predominantemente arenosa y poblada de matas y de arbustos, pero no, en general, los demasiado expuestos al sol.

ÁREA.—La variedad *arvensis* es la más difundida, pues únicamente faltan indicaciones de su existencia en la región sudoriental; la *segetalis* sólo se ha citado hasta hoy en las regiones septentrianal, central y borde N de la meridional; la *aracilis*, parece ser propia de la central; la *montana* de la septentrional y borde N. de la central; la *Alpestris*, únicamente hallada en la región septentrional y zona pirenaica; la *luteola*, tan sólo mencionada en el Pirineo central; la *arenaria*, más o menos difundida por los suelos arenosos del litoral; la *vulgaris*, menos común en España de lo que su nombre indica, se halla en la región septentrional y en algunos puntos de la central, y la *Machadiana* no comprobada más que en la región occidental.

VARIEDADES.

A. Flores muy pequeñas con los pétalos iguales o apenas más largos que los sépalos

Tallos medianos; hojas inferiores, con el limbo pequeño, elíptico, oval, y estípulas más cortas que el peciolo; las superiores mayores, ovales anchas y festonadas; pétalos amarillentos pálidos o blancos, con estrías oscuras. . . . . Var. *arvensis* D C.

Tallo mediano en longitud y grosor, con entrenudos más largos que las hojas; éstas lanceoladas, estrechas, aguzadas en el ápice, casi sin dientes; estípulas partidas en segmentos muy estrechos, sépalos mucronulados en el ápice; pétalos amarillento-pálidos, los tres inferiores con venas violado oscuras. . . . . Var. *scgctalis* Jord.

Tallos cortos o medianos, muy delgados, con entrenudos más largos que las hojas y a veces muy largos; hojas pequeñas espatulado-lanceoladas, estrechas, no aguzadas en el ápice; estípulas más cortas que la mitad de las hojas; pedúnculos filiformes, mucho más largos que las hojas; pétalos no más largos que los sépalos, todos amarillos, y los inferiores con venas oscuras en su base, o unos azules y otros amarillos.

Var. *gracilis* Láz.

B. Pétalos doble largos que los sépalos

Tallos medianos, robustos, y entrenudos más cortos que las hojas; éstas lanceoladas, obtusas, festonadas; estípulas grandes divididas en lalacinias anchas; pétalos amarillo blanquecinos, el inferior con venas y manchado de oscuro en su base. . . . . Var. *mantana* Láz.

Tallo largo, erguido o ascendente, con entrenudos largos; hojas espaciadas, medianas o pequeñas, festonadas; estípulas grandes, con las lacinias laterales anchitas, y la terminal mayor y espatulada; todos los pétalos amarillos, venados en la base; espolón grueso y obtuso.

Var. *Alpestris* D C.

Hojas pubescentes, las inferiores con el limbo oblongo aovado, redondeado y muy obtuso en su ápice; pétalos enteramente amarillos.

Var. *luteola* Jord.

Tallo mediano o largo; hojas espaciadas, lanceoladas, festonadas; estípulas grandes, con las lacinias estrechas, excepto la terminal, que es lanceolada; los dos pétalos superiores totalmente azules, pálidos o intensos; los dos laterales y el inferior amarillos con venas oscuras y a veces con el borde terminal manchado de azul; espolón delgado.

Var. *arenaria* Sond.

Tallo mediano; hojas espaciadas, pequeñas, elíptico-lanceoladas, festonadas; estípulas grandes; pétalos doble largos que el cáliz, de color azulado pálido o lilacino, el inferior amarillo en su base. Var. *vulgaris* Lge.

Tallo menos robusto, hojas inferiores, elípticas u ovales; pétalos doble largos que los sépalos, completamente violáceos; espolón relativamente grande. . . . . Var. *Machadiana* P. Cout.

C. **Pétalos muy anchos y tres o cuatro veces más largos que los sépalos**

Tallo, hojas y estípulas grandes; pétalos casi redondos, de color violado oscuro y amarillo, repartidos de varios modos, pero existiendo siempre uno y otro. . . . . Var. *hortensis* D C.

Variedad 1. **Arvensis** D. C.

LOCALIDADES.—Región septentrional y zona pirenaica: Galicia, sin localizar (Colmeiro, Planellas), litoral gallego (P. Merino), Santiago de Compostela (Colmeiro), Orense (Pourret), valle de Naviego (Durieu), Reinosa (González Camaleño), Bielsa (Campo), Panticosa (Amo y Mora Tubilla), Setcasas (Iseru), Cerdaña (Cuni).

Región occidental: Oporto (Jhonston), Coimbra (Brotero, De Baptista), Beira (Brotero), Lisboa (Brotero, Salvador, Pourret), Tras a Montes, Miño, Beira y Alentejo (Pereira Coutinho).

Región central: San Pedro de los Montes (Pourret), valle de Mena (Salcedo), Valladolidi (Pérez Mínguez), Monte de Herrera y Sierra de Villarroyal (Asso, Quer), Villarluengo, Moncayo (Xarue), Somosierra Chozas, Miraflores (Quer, Cutanda), Guadarrama (Lázaro), Madrid (Palau, Colmeiro, Cutanda), El Pardo, Viñuelas, Villaviciosa de Odón (Cutanda), Aranjuez (Pourret), Montes de Toledo (Lázaro). Alange (Villaescusa), Xerte, Plasencia, Navalmoral (Bourgeau).

Región oriental: Monseny, Arbucias, Garriga (Cuni), Plana de Vich (Masferrer), Monserrat, (Boutelon), Caldas de Mombuy (Colmeiro), Barcelona (Basagaña), Valencia (Cavanillas, Dufour), Titraguas (Rojas Clemente).

Región meridional: Despeñaperros (Lázaro), Córdoba (Hernández de Gregorio), Puerto de Santa María (Gutiérrez), Sierra de la Nieve (Prolongo, Bourgeau), Sierra Nevada, Dehesa de San Jerónimo (Boissier).

Variedad 2. **Segetalis** Jord.

LOCALIDADES.—Región septentrional: Sobrado, Mellid, Furelos, Becerrea (P. Merino).

Región central: Guadarrama (Lange), San Ildefonso (Lázaro), Navalmoral (Lázaro).

En la región meridional: La Carolina (Lange).

Variedad 3. **Gracilis** Láz.

LOCALIDADES.—Región central: San Ildefonso, Real Casa de Campo, Moncloa, Méntrida, Guadalajara, Toledo, Navalmoral (Lázaro).

Variedad 4. **Montana** Láz.

LOCALIDADES. — Región septentrional y zona pirenaica: Cangas de Tineo (Lázaro), Ataun (Guipúzcoa) (Dorronsoro), Panticosa (Andrés y Tubilla).

Región central: Villablino (Lázaro)

Variedad 5. **Alpestris** D C.

SINONIMIA.

Viola Alpestris Godr.

LOCALIDADES.—Región septentrional y zona pirenaica: Lonzara, Portela, El Cerezal, Nogales (P. Merino), Brañas (debajo de Leitariego) (Bourgeau), Panticosa (Hernández Ruiz, Willkomm) Canfranc (Willkomm), Benasque (Lázaro).

Variedad 6. **Luteola** Jordan

SINONIMIA.

Viola luteola Jord.

LOCALIDADES.—Castanesa y hospital de Benasque (Timbal Lagrave).

Variedad 7. **Arenaria** Sond.

LOCALIDADES.—Región occidental: Orillas del Miño (P. Merino), Arenas del litoral (Willkomm).

Variedad 8. **Vulgaris** Lange

SINONIMIA.

Viola tricolor L., var. *marítima* Marss.
— *sabulosa* D C.

LOCALIDADES.—Región septentrional: Arenales marítimos de Coruña (Lange), Betanzos (Lázaro), Salinas de Avilés y Algorta (Lázaro), Zumaya y cabo Higuer (Lázaro).

Región central: Aranda de Moncayo (Lázaro).

Variedad 8. **Machadiana** Pereira Coutinho

LOCALIDADES.—Región occidental: Sur de Beira y Alto Alentejo (Pereira Coutinho).

La variedad *hortensis* D C., sólo se encuentra cultivada, hallándose representada por ejemplares que varían extraordinariamente por la talla de sus órganos de nutrición y por el tamaño y distribución de los colores de sus pétalos.

También se ha indicado en el valle de Andorra la variedad *gracilescens* DC. y por botánico de tanta autoridad como el inglés Bertham; pero, a pesar de ello, sin afirmar su imposibilidad, nos parece poco probable por tratarse de una variedad propia de Irún. Por otra parte, en territorio español, no ha sido indicada nunca por ningún botánico nacional ni extranjero, antiguo ni moderno, razones que nos parece suficiente para no mencionarla en este trabajo.

Viola Kitaibeliana. — Roem. et Schult. System. V (1819), pág. 383.

SINONIMIA.

Viola tricolor L. tubesp. *Kitaibeliana* Schinz.
— *tricolor* L., var. *tenella* Grib. Spicil, I, pág. 237.
— *tricolor* L., var. *hirta* D C. Prodr., tom. I, pág. 304.
— *Nemausensis* Jord. Obsero. fragu., II, pág. 18.
— *nana* Saucé et Mall. Fl. Deux. Sevr., pág. 429.
— *Foucadii* Savat, ap. Lloyd et Fouc. Fl. Ouest Fr. pág. 50.
— *lilascens* Boiss in Heldr.
— *bannatica?* Kitaibel.

ICONOGRAFÍA.

Schlechtendal und *Lagenthal*. Fl. von Deuts., tom. XIII, lámina 1.284, II.

DESCRIPCIÓN. — Planta anual o bienal, robusta, de dos a tres de-

címetros de altura, lampiña, caulescente. Hojas con peciolos casi tan largos como los limbos, y éstos anchos, aovado-lanceolados, redondeados en su base, de dos a tres centímetros de longitud por uno y medio o más de anchura, con nerviación marcada y márgenes festonado dentadas. Estípulas tan grandes como los limbos foliares, multipartidas, con las lacinias muy numerosas, las basilares lanceoladas, estrechos y enteras; las superiores más grandes y algo dentadas, y la terminal mucho mayor y más ancha, lanceolada, casi aguda y manifiestamente festonada. Flores de mediano tamaño sobre pedúnculos axilares, iguales a las hojas o poco más largas. Sépalos casi tan largos como los pétalos, lanceolados, estrechos y agudos, con los apéndices basilares largos y estrechos. Pétalos trasovados, anchos y obtusos, todos de color azul homogéneo, los dos superiores casi menores, y los tres inferiores con nerviaciaciones muy marcadas, de un azul muy oscuro: Espolón muy corto y muy obtuso. Estilo recto y estigma ensanchado en forma de embudo. Cápsula estrecha y apiculada, algo más corta que el cáliz y con las valvas muy agudas.

Florece de Abril a Octubre.

Habitación.—Encuéntrase, como la anterior, en los montes, entre las matas, al amparo de piedras o de matorrales, siempre en lugares frescos y bien soleados.

Área.—Aunque hasta hoy no parece que pueda calificarse de abundante ninguna de las variedades de esta especie tan frecuentemente confundida con la anterior, existe la *typica* en las regiones occidental, central y oriental; la *trimestris,* únicamente comprobada hasta hoy en la occidental, lo mismo que la *Beirensis;* la *Henriquesi* se halla en esta misma región y en la Central.

Parécenos muy problable la existencia de esta especie en la región septentrional, y que la falta de localidades citadas en ella se deba atribuir a la carencia de observaciones.

Variedades.

Corola mediana (15 a 20 milímetros); pétalos más largos que los sépalos, todos azulados, los tres inferiores con venas más oscuras.

Var. *typica* W. Bkr.

Corola mediana (10 a 18 milímetros de diámetro); pétalos-blanco-amarillentos; el inferior manchado de amarillo en su base, y a veces los superiores violáceos en su borde; pedúnculos fructíferos muy patentes.

Var. *trimestris* D. C.

Pétalos de color violado intenso, el inferior manchado de anaranjado en su base..... Var. *Beirensis* P. Cout.

Corola pequeña (7 a 9 milímetros de diámetro); pétalos todos violáceos; pedúnculos fructíferos erguidos o erguido-patentes.

Var. *Henriquesi* Bekr.

Variedad 1. **Typica** W. Bekr.

LOCALIDADES.—En la región occidental: En la Guardia (Merino), Sierra de San Mamede, Adórigo (Merino).

En la región central: Miranda, Burgos, Ojedo (Lange), La Rioja, Avila, Olmedo (Bourgeau), Sierra de Guadarrama, El Escorial (Willkomm), Guadalajara (Lázaro), Serranía de Cuenca (Lázaro).

En la región oriental: Monserrat, Cabanas (Costa), Gea de Albarracín, Blancas y Sierras de Pina y Espadán (Pau).

Variedad 2. **Trimestris** D C.

SINONIMIA.

Viola tricolor Var. *trimestris* D C.

— *trimestris* W. Bckr.

LOCALIDADES.—Región occidental: Portugal (Grisley), Cercanías de Lisboa (Decandolle), Campo grande, Valle de Alcántara, Cascaes, Sierra de Monsanto (Pereira Coutinho).

Variedad 3. **Beirensis** Pereira Coutinho

LOCALIDADES.—Ferreira de Zezera (Pereira Coutinho).

Variedad 4. **Henriquesi** W. Bekr.

SINONIMIA.

Viola Hanriquesi Willkomm.

— *tricolor* L. V. *Henriquesi* Per. Cout.

LOCALIDADES.—En la región occidental: Penedo de Meditacao, Eiras y Redondo, cercanías de Coímbra (Henriques), Ferreira do Zezeul Pereira Coutinho).

En la región central: Navalmoral, Valdehuertas (Bourgeau), Ermita de Campiel (Virioso).

Viola caspitosa Lge.

ICONOGRAFÍA.

Willkomm.—Ilustr. Fl. Hisp., tom. I, pág. 149, lám. 88.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, rizocárpica, caulescente, con rizoma delgado, casi vertical, del cual nacen tallos ascendentes, numerosos, sencillos, de uno a seis centímetros de altura. Hojas radicales casi arrosetadas, con el limbo trasovado y las caulinares espatuladas, largas y estrechas, casi agudas, con los bordes festonados excepto en las supremas que son enteras. Estípulas casi tan largas como las hojas pinnado, partidas en lóbulos estrechos y agudos, el terminal doble largo que los laterales. Flores muy pequeñas sobre pedúnculos axilares y cuatro veces más largos que las hojas. Sépalos lanceolados, agudos, pestañosos con los apéndices cortos. Pétalos amarillos con venas o estrías rojizas y el etremo del espolón corto, obtuso y azulado. Estilo doblemente curvo y estigma acabezueado con un pico lateral. Cápsula oval, obtusa, un poco más corta que los sépalos.

Florece en junio y julio.

HABITACIÓN.—En sitios pedregosos y frescos de las montañas graníticas.

ÁREA.—La variedad *condensata* sólo se ha encontrado hasta hoy en la Sierra de la Estrella, y la *laxa* en las montañas de las regiones occidental y central.

VARIEDADES.

Tallos menores de un decímetro; hojas superiores casi espatuladas; estípulas biotrifidas..... ..... Var. *condensata* Henriq.

Tallos, uno a dos decímetros; hojas superiores lineales, lanceoladas; estípulas con más de tres lacinias..... ..... Var. *laxa* Henriq.

Variedad 1. **Condensata,** Henriques

LOCALIDADES.—En la región occidental: Sierra de la Estrella (Henriques, Pereira Coutinho).

Variedad 2. **Laxa,** Henriques

En la región occidental: Sabrigueiro (Henriques).

En la región central: Sierra de Majarreina (Bourgeau), Guadarrama y Cercedilla (Lázaro).

Viola longifolia Sp. nov.

ICONOGRAFÍA.

Lazaro. Rev. crít. *Viola*, lám. IV.

CARACTERÍSTICA. — Planta herbácea, anual, con los tallos robustos, erguidos, de tres a cuatro decímetros de altura, bastante ramificados, y la superficie de los tallos y hojas sembrada de pétalos cortos. Hojas inferiores oblongo lanceoladas, con peciolo largo y limbo apenas festonado; las medianas lanceoladas, largas, de seis a siete centímetros de longitud por uno y medio de anchura en su limbo, angostado en su base y con dientes distantes y profundos en sus bordes, y peciolo tan largo como el limbo próximamente y muy delgado; hojas superiores largas y estrechas, de cinco a seis centímetros de longitud por seis a ocho milímetros de anchura, con dos o tres dientes profundos a cada lado y peciolo mitad menor que el limbo. Pedúnculos florales tan largos como las hojas o poco más, rectos y erguidos. Flores pequeñas, con los sépalos lanceolados, agudos, anchos y largos en sus apéndices. Pétalos algo más largos que los sépalos, todos amarillento pálidos, casi blancos, sin venas, el inferior manchado de amarillo pálido en su uña. Estípulas de igual color, igualando a los apéndices de los sépalos. Cápsula trigona, apiculada, amarillenta en la madurez, y lampiña, que se abre en tres balvas estrechas. Semillas numerosas, amarillentas, casi brillantes.

Florece en junio.

HABITACIÓN. — Se encuentra en las praderas, sembrados y orillas de los cursos de agua.

ÁREA. — Las observaciones hasta hoy realizadas sólo me permiten afirmar su existencia en las montañas leonesas.

LOCALIDADES. — Villablino y Busdongo (Lázaro), Villamanín (L. Sela).

Viola Demetria Prolongo, in Boissier, Voyage Botanique dans le Midi de l'Espagne, tom. II, pág. 73.

SINONIMIA.

Viola tricolor L. var. *Demetria* Boiss.

ICONOGRAFÍA.

Willkomm. Ic. Fl. Hisp., tom. I, pág. 148, lám. 87.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, anual, con tallo corto y unifloro al principio, y luego, con algunas ramitas delgadas hasta alcanzar una longitud de siete a diez centimetros. Hojas inferiores largamente pecioladas, con el limbo redondeado acorazonado, y el margen algo peloso y algo festonado; las superiores con peciolo más corto y dientes más profundos. Estípulas foliáceas, pequeñas, lirado pinnatifidas, con las lacinias laterales lineales agudas, y la terminal mayor, lanceolada y bastante peciolada. Flores muy pequeñas sobre pedúnculos de dos a siete centímetros y casi todos radicales. Sépalos lineales, oblongos, obtusos, lampiños y cortamente apendiculados en su base. Pétalos doble largos que el cáliz, amarillos, los laterales con estrías negro azuladas en su base; el inferior escotado, y con el espolón algo más largo que los apéndices de los sépalos, en forma de saco, obtuso y algo curvo. Estigma ensanchado en forma de embudo en su base. Cápsula casi trigona y lampiña.

Florece en primavera.

HABITACIÓN.—Se encuentra en las grietas de las rocas y en lugares pedregosos en localidades montañosas.

AREA.—Parece reducirse la de esta especie a la parte más meridional de Andalucía, siendo más frecuente la variedad *genuina* que la *microphylla*.

VARIEDADES.

Tallo ramificado; hojas en la roseta basilar y caulinares, de medio a un centímetro de anchura en su limbo..... Var. *genuina* Láz.

Tallo indiviso; todas las hojas en la roseta basilar, de tres a cinco milímetros de anchura en su limbo..... Var. *microphylla* Láz.

Variedad 1. **Genuina** Lázaro

LOCALIDADES.—En la región meridional: Sierra de la Nieve (Prolongo), Bourgeau, Reverchon), Saucedo nuevo, cerca del Torcal de Antequera (Porlongo), Colmenar (Rambur), Sierra de Junquera, en el Caucon, Loma de la Alcazaba y angosturas de los corrales a la cima (Willkomm), Sierra de Abdalagis, El Chorro (Huter, Porta, Rigo), Grazalema (Pérez Lara).

Variedad 2. **Microphylla** Lázaro

LOCALIDADES.—En San Cristóbal (Grazalema) (Pérez Lara).

Viola parvula Tineo Pugil. var. pl. Sic. (1817), pág. 5.

SINONIMIA

Viola tricolor L., var. *bellioidis* D C. Prodr.; tom. I, pág. 34.
— *tricolor* L., var. *parvula* Presl. Fl, Sic.; tom. I, pág. 134.
— *tricolor* L., var. *minima* Bert. Fl. Ital., tom. II, pág. 179.
— *micrantha* Presl. Del. Prag., I (1822), pág. 27.

ICONOGRAFÍA.

Mitt. Thur., bot. Ver. XIX (1904), pág. 42.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, anual, caulescente, con el tallo filiforme, la superficie verde generalmente vellosa o, por lo menos, pubescente. Tallo erguido de dos a cuatro centímetros de altura. Hojas inferiores con el limbo redondeado y entero, y las superiores lanceoladas. Estípulas bi o trífidas, con el lóbulo medio más grande que los laterales, oblongo. Sépalos casi tan largos como los pétalos y crespo-vellosos en su base. Pétalos poco más largos que los sépalos blanco-amarillentos, con la base azulada. Espolón violáceo y más largo que los apéndices de los sépalos. Estigma ensanchado en su ápice en forma de embudo.

Florece en los meses de marzo a mayo.

HABITACIÓN.—Se encuentra en los suelos arenosos, especialmente en los claros de los montes y pinares donde haya alguna humedad y frescura.

AREA.—El tipo genuino se halla esparcido por las regiones central y meridional, y la variedad *glabrata*, por esta última región y alguna localidad de la oriental.

VARIEDADES.

Con la superficie vellosa o claramente pubescente. Var. *genuina* Auct.
Con la superficie lampiña..... Var. *glabrata* Lge.

Variedad 1.ª **Genuina** Auct.

LOCALIDADES.—Región central: Aragón meridional (Loscos), Pinar de Guadarrama y Cerro de Cuelgamuros (Lange), cercanías de Madrid (Carreño), Real Casa de Campo (Lázaro), Guadalajara y Méntrida (Lázaro).

Región meridional: Sierra Nevada (Webb, Boissier), Prado de las Yeguas, sobre Trévelez (Boissier), Borreguil de Monadil (Hutar, Porta, Rigo), Sierra Tejeda (Boissier), Sierra de la Nieve y Loma de la Alcazaba (Prolongo, Boissier), Sierra de Baza (Bourgeau).

Variedad 2. **Glabrata** Lge.

LOCALIDADES.—Región oriental: Sierra de Espadán y de Pina (Pau). Región meridional: Cerro Muriano, cerca de Córdoba (Amor), Sierra Morena, en Valdehenares (Lange), Cerco de San Cristóbal (Reverchon).

SECCIÓN 7.ª—CALCARATA

Estípulas con el lóbulo inferior reflejo	Planta lampiña; flores violadas o amarillentas; espolón delgado	V. *lutea* Huds
	Planta erizada; flores de un violeta azulado; espolón grueso	V. *Bubani*.
Estípulas con el lóbulo inferior erguido		V. *calcarata*.

Viola lutea Huds. Fl. Angl. Edición I (1762), pág. 331.

SINONIMIA.

Viola sudetica. Willd.
— *lutea* Huds. var. *sudetica* Rechb. Pl. crític., tom. II, pág. 64.
— *gracillima* Chaten.

ICONOGRAFÍA.

Engl. Bot., tom. XI, lám. 721.
St. Hilaire.—Mem. Muss., tom. II, lám. 22.
St. Hilaire, Plant. remarq, lám. 26.
Tratt.—Archiv., lám. 1.
Mutel.—Fl. Franç., lám. 10.
Rechb.—Ic. Fl. Germ., tom. III, lám. 23.
Rechb.—Ic. ph. crit., tom. II, lám. 171, figs. 302, 4.515 y 4.519.
Schlechtendal.—Flora von Deutsch, tom. XIII, lám. 1.285.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, rizocárpica, caulescente, con rizoma delgado y cundidor, y con con la superficie verde, lampiña o poco vellosa. Tallos de uno a cuatro decímetros, radicantes en la base. Hojas inferiores ovales acorazonadas y las superiores lanceoladas, atenuadas en la base, con peciolos más cortos que el limbo, unas y otras festonado dentadas. Estípulas palmeado-partidas en lóbulos lanceolados, con el lóbulo terminal mayor y dentado y los inferiores dirigidos hacia abajo. Flores grandes sostenidas por pedúnculos muy largos, erguidos y bracteolados. Sépalos lanceolado-acuminados, casi tan largos como los pétalos. Estos

violados o amarillentos, los superiores trasovados y el inferior triangular, acorazonado y con el espolón delgado, y dos o tres veces más largo que los apéndices de los sépalos. Estigma ensanchado en su ápice, y hueco, en forma de embudo. Cápsula oval y corta.

Florece de mayo a septiembre.

HABITACIÓN.—Las propias de esta especie son las praderas y sitios herbosos de las zonas subalpina y alpina.

AREA.—Las dos primeras variedadades que representan esta especie en nuestra flora son propias de ambos Pirineos, pero la *coerulea* sólo se ha hallado, hasta hoy, en el Pirineo central.

VARIEDADES.

Lampiña o casi lampiña, hojas lanceoladas, estípulas pinnado-partidas en lacinias estrechas; flores grandes con todos los pétalos amarillos, los laterales y el inferior con estrías negruzcas..... Var. *genuina* Auet.

Casi lampiña, con las hojas ovales y las estípulas hendidas dentadas; flores grandes, pétalos superiores azules, y los laterales y el inferior amarillos..... Var. *grandiflora* Gr. Godr.

Lampiña o casi lampiña, con flores grandes y pétalos, todos azules. Var. *cœrulea* Láz.

Variedad 1. **Genuina** Auct.

ICONOGRAFÍA.

Schlechtendal.—Fl. von Deutsch, tom. XIII, lám. 1.285, II.

LOCALIDADES.—Región septentrional y zona pirenaica: Leitariegos (Lázaro), Reinosa (Lázaro), Vertizarana (Lacozqueta), Benasque (Lázaro), Cerdaña (Lázaro), San Miguel de Salterra (Vayreda).

Variedad 2. **Grandiflora** Gr. Godr.

SINONIMIA.

Viola grandiflora Vill.

ICONOGRAFÍA.

Schlechtendal.—Fl. von Deutsch, tom. XIII, lám. 1.285, I.

LOCALIDADES.—Región septentrional y zona pirenaica: Arvas (Lagasca), Leitariegos (Lázaro), Reinosa (González Camaleño), Vascongadas,

sin localidad (Palau), Pirineos (Salvador, Barnades, según Loeffling, Auer, Palau), Benasque (Lázaro), Nuria (Salvador, Pourret, Vayreda), Puigcerdá (Lázaro), Mongarri (Compagni), Molló), Guillerías, Rocabruna, Solterra (Vayreda), Monseny (Salvador, Pourret, Graels, Puigmal (Texidor).

Región occidental: Sierra de la Estrella, Labregueiro (Brotero, Welwitsch).

Variedad 3. **Cœrulea** Láz.

LOCALIDADES.—Zona pirenaica: Puigcerdá (Lázaro).

Viola Bubani Timb. Lagrave. Act. Congrés Sc. Franç. (Tolouse 1852), págs. 280 y 281.

SINONIMIA:

Viola lutea Huds., var. *Pyrenaica* Gr. Godr.
— *hispida* Lapeyr.

CARACTERÍSTICA.—Planta rizocárpica, velloso-erizada, rara vez lampiña, con el tallo ascendente de uno a dos y medio decímetros de altura. Hojas inferiores con el limbo redondeado, y las superiores con el limbo oblongo, obtuso y festonado en sus márgenes. Estípulas palmeado partidas con las lacinias inferiores dirigidas hacia abajo, y el mediano o terminal oblongo. Flores solitarias, bastante grandes, sobre pedúnculos axilares triple más largos que las hojas correspondientes. Sépalos lanceolados agudos, mitad menores que los pétalos, con los apéndices trapezoidales y con pestañas abundantes. Pétalos anchos, de color violado muy intenso; el mediano, con el espolón casi tan largo como el limbo, grueso y cónico, y cuatro o cinco veces más largo que los apéndices de los sépalos. Estigma ensanchado en forma de embudo. Cápsula oblonga y algo apiculada.

Florece de junio a septiembre.

HABITACIÓN.—La de esta especie es la misma que la de la anterior, de la que nuestros botánicos antiguos no la distinguían.

AREA.—Se extiende a lo largo de la cordillera pirenaica, desde Galicia a Cataluña.

LOCALIDADES.—Región septentrional y zona pirenaica: Picos de Ancacares y Peña Rubia, Santa Cruz, Chandresa, Sierra de Quijas, Viana

(P. Merino), Peña Aizcorri (Barbey), Valle de Vestizarana (Lacoizqueta), Pirineo catalán (Quer, Palau), Monseny (Rivas Mateos).

Viola calcarata L. Sp. plant. Edición I (1793), pág. 935.

SINONIMIA

Viola valderia Huter. non. All.

ICONOGRAFÍA

Villars.—Cat. Strassb., lám. 5.

Rechb.—Ic. Fl. Germ., tom. III, lám. 18.

Rechb.—Ic. Pl. crít., tom. III, lám. 269.

Rechb.—Deutsch., Flora. Fig. 4.513.

Schlechtendal.—Flora von Deutsch, tom. XIII, lám. 1.287.

Láz.—Rev. crít. *Viola,* lám. V.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, rizocárpica, con la superficie lampiña o pubescente. Tallo aéreo, corto, ascendente, con corto número de hojas. Estas pecioladas, con el limbo oval obtusamente dentado y aun casi entero, la mayoría de las radicales formando una roseta. Estípulas piunado partidas, con dos y más, generalmente con cuatro lóbulos lanceolados, estrechos y obtusos, de los que el inferior es menor y no revuelto, y el superior algo lineal y entero. Flores largamente pedunculadas y grandes. Sépalos lanceolados, no acuminados, y con el apéndice no pestañoso. Pétalos grandes, de color violado intenso y alguna vez amarillos, con el limbo ancho; espolón delgado más largo que los sépalos y tanto como el limbo de los pétalos. Estigma excavado en forma de embudo.

Florece en julio y agosto.

LOCALIDADES.—Región central y zona pirenaica: Puertos de Leitariegos y de Pajares, Villablino (Lázaro), Villamanín y Vegalamosa, recolección de D. Luis Sela, localidades todas de las montañas leonesas; Formigal de Sallent y Monte Soba (?), en los Pirineos (Asso).

OBSERVACIONES—Los botánicos españoles antiguos citaron esta especie como española. Así, Palau la menciona en el Pirineo catalán y en Monseny, lo que confirma Colmeiro según Amo y Mora (Fl. faner., tom. VI, pág. 340), aunque no indica donde aquel la cita, pero rechaza esta opinión y agrega conceptos nada benévolos para aquel, dejándose llevar de la mala inteligencia que existió entre ambos ilustres botánicos desde su juventud. Invoca Amo para ello la opinión de Grenier y Godrón

quienes, en fecto, niegan la exitencia de la *Viola calcarata* en los Pirineos franceses.

Willkomm y Lange, en su Prodr. Fl. hisp. (tom. III, pág. 701), niegan también la existencia de esta especie en España, y en términos bien explícitos: «cum *Viola calcarata* L., testibus Costa et Grenier, in Pyrenae is desideratur, verosimile videtur, indicationen hujus (Colmeiro, Loscos) ad *Violam luteam* spectare et *V. calcaratum* igitur e flora hispanica esse delendam.»

Debe advertirse que Colmeiro no cita la *Viola calcarata* por su propia cuenta, sino reproduciendo la mención hecha por Palau, y que lo propio ocurre con Loscos, quien jamás visitó el Pirineo y que en su *Serie imperfecta* (pág. 50) se limitó a reproducir la noticia publicada por Ignacio Asso de que la existencia de tal especie había sido comprobada por él en el monte Soba y en el formigal de Sallent. Por otra parte, Colmeiro no sostuvo la mención hecha; en su *Enumeración y Revisión,* al tratar de las *Viola*s de España (tom. I, pág, 341 a 352) nada dice de la *Viola calcarata,* ni repite la mención de los antiguos, ni discute el caso. Según esto parece aceptar la rectificación hecha por Willkomm o más bien, se somete a ella silenciosamente puesto que entre las localidades atribuldas a la *Viola lutea* aparecen las de El Formigal y Monte Soba que Asso había consignado para la *V. calcarata.*

Y aquí podría darse por terminado este asunto, como fallado definitivamente en el sentido de que la *Viola calcarata* no existe en nuestra flora y que Palau y Asso tomaron por tal alguna de las formas de la *Viola lutea,* con tanta más razón cuanto que en obras modernas se asigna como área de la *V. calcarata* la Europa central y meridional desde Baviera a Sicilia y Grecia (Coste, Fl. descr. et ill. de la France, tom. I, pág. 157) no más al occidente.

Pero es el caso que yo, que he herborizado también por el Pirineo central y algo también por el catalán, y recogido en mis herborizaciones por dichas montañas algunas formas de *Viola lutea* y ninguna de *V. calcarata,* si bien no he podido visitar El Formigal ni el Monte Soba, me habría de conformar con el susodicho fallo si no tuviese, en abundancia, ejemplares de esta última especie recolectados por mí en otras localidades españolas y que de ningún modo puedo dejar de referir a la *Viola calcarata* L. Dos de ellos aparecen fotografiados en la lám. V de este trabajo.

Porque son muchas las diferencias que entre ambas especies existen, y algunas tan evidentes, que no alcanzo a concebir tan sencillamente que dos botánicos tan eminentes como Palau y Asso, tratándose de dos especies ya bien conocidas en su tiempo, hayan podido tomar una por otra

acaso porque no poseo esa innata facilidad con que algunos botánicos extranjeros suelen a veces pensar que en sus rápidas e inconexas travesías por nuestro territorio hacen observaciones siempre más firmes y seguras que las de los botánicos del país que han visto las mismas especies con mayor quietud, no sólo en un día dado, sino en todas sus fases, reiteradas veces y durante varios y a veces muchos años.

Y como en el actual estado de la cuestión estimo de gran interés su resolución, dame esto ocasión de justificar el criterio de antiguos e ilustres botánicos españoles, que muy bienpudieran haber estado en lo cierto, y ser merecedores de rectificación los que a ellos rectificaron, acaso con alguna ligereza, vamos a hacer crítica de los hechos.

Si existe en la vertiente meridional o leonesa de los Pirineos cantábricos una especie que no pueda referirse a la *Viola lutea* (*sudetica* Willd) y que me parece no diferir de la *Viola calcarata* L., ¿qué dificultades se oponen a que exista también en la vertiente meridional española de los Pirineos propiamente dichos?

Así pues, no existiendo, desgraciadamente, en ningún herbario ejemplares auténticos de las localidades citadas por Asso y por Palau, es de capital importancia saber si los que yo poseo de la vertiente leonesa pueden referirse a la *Viola calcarata* o la *V. lutea*, para lo que expondremos las diferencias existentes entre ambas especies, según resulta del examen comparativo que los ejemplares auténticamente españoles de una y otra especie hemos podido hacer.

VIOLA LUTEA SM.	VIOLA CALCARATA L.
Tallos	
Varios tallos aéreos, erguidos, de uno a cuatro decímetros naciendo de una capa o rizoma.	Varios tallos filiformes y más cortos, casi desnudos en su parte inferior, naciendo del rizoma.
Hojas radicales	
Con limbo oval acorazonado en su base.	Formando una roseta; con limbo oval, casi circular.
Hojas caulinares	
Con limbo lanceolado y algo festonado.	Poco numerosas, ovales u oblongo-lanceoladas apenas dentadas o enteras.

Estípasul

Palmeado, partidas en segmentos numerosos, el terminal o medio más grande y algo dentado, y los inferiores, reflejos. (Láz., Rev. crít. *Viol.*, lám. I, fig. 19.)	Piunado-partidas en dos a cuatro lóbulos, el terminal entero, uno en el borde interno y uno o dos en el externo, el inferior pequeño, pero nunca reflejo. (Láz., Rev. crít. *Viol.*, lám. I, figs. 15 a 17.)

Sépalos

Lanceolados, acuminados en su ápice.	Lanceolados, no acuminados en su ápice.

Parécenos que tales caracteres distintivos son más que suficientes para diferenciar ambas especies, sobre todo los de las estípulas, tan diferentes, y que aparecen muy visibles en la fotografía de los ejemplares tan auténticamente españoles.

Hay, pues, en España representación indudable de la *V. calcarata* L., inconfundible con ninguna forma de la *V. lutea* Sm., también existente en España, según lo afirmaron Asso y Palau, entre los antiguos, y confirman mis recientes investigaciones.

Podría pensarse que acaso esta *Viola* española del tipo *calcarata,* fuese una forma nueva propia de España, mas esta solución que enamoraria a cualquiera de esos malabaristas de la nomenclatura, ganosos de crear nuevos nombres para cosas, no pocas veces viejas, no es la mía, pues sinceramente declaro que no he hallado dificultad alguna que me impida referir estos ejemplares a la clásica especie de Linneo.

Sección 8.ª—ARBORESCENS

Espolón poco más largo que los apéndices de los sépalos. *V. arborescens* L.

Espolón filiforme y larguísimo, por lo menos de doble longitud que los pétalos..... *V. Cazorlensis* Gand.

Viola arborescens L. Species plant. (1753), pág. 935.

Sinonimia:

Viola suberosa Desf., Fl. Atlant, tom. II y pág. 313.
— *rifida* R. et L., Sys, t. V, pág. 390.

ICONOGRAFÍA.

Barrelier.—Plantæ per Gall. Hisp., fig. 568.

Mogre.—Fl. Mentone, lám. 76.

CARACTERÍSTICA.—Planta herbácea, rizocárpica, caulescente, con toda la superficie verde cubierta por una pubescencia grisácea. Tallos sufrutescentes en la parte inferior, de uno a dos decímetros de altura, ascendentes. Hojas numerosas, ovales, alargadas o lanceolado lineales, con con la margen entera o denticulada. Estípulas lineales, de una longitud como el tercio de las hojas próximamente, y con sus bordes enteros y no pestañosos. Flores pequeñas, sobre largos pedúnculos no bracteolados. Sépalos lanceolados, agudos y pestañosos, con los apéndices cortísimos. Pétalos de color violeta pálido, con el espolón corto y obtuso, poco más largo que los apéndices de los estambres. Estigma aguzado y ganchudo. Cápsula aovado-trigona, con los ángulos obtusos, apiculada en el ápice, sobre pedúnculos erguidos como estaban en la antesis.

Florece de marzo a junio.

HABITACIÓN.—Se encuentra en las grietas de las rocas entre matas y arbustos.

AREA.—La variedad *compacta* se encuentra en las regiones occidental, meridional y oriental, y alguna localidad de la central próxima a esta última; la *integrifolia,* únicamente en la región meridional y la *serratifolia* en las regiones occidental y meridional.

VARIEDADES.

Matas cespitosas, apretadas, con el tallo primario, y las ramas cortas con corteza acorchada; estípulas lineales estrechas, acuminadas, mucho más cortas que las hojas; flores cortamente pedunculadas.

Var. *compacta* W.

Céspedes más flojos y menos leñosos, sin suber; estípulas tan largas, por lo menos, como la mitad de las hojas; flores largamente pedunculadas.....	Hojas lineales, lanceoladas y enterísimas.....	Var. *integrifolia* D. C.
	Hojas con dientes marginales, agudos y dentados...	Var. *serratifolia* D C.

Variedad 1. **Compacta** Willkomm

SINONIMIA.

Viola suberosa Desf.

LOCALIDADES.—Región occidental: Portugal, sin localidad (Vandelli,

Hoffmanseg, Brotero), Algarbes, cabo de San Vicente (Hoffmansag, Brotero), Sagres (Pereira Coutinho).

Región central: en su borde oriental, Valderrobles (Grafulla).

Región oriental: Muros de Tortosa (Bolós), Coll de Balaguer hacia Tortosa (Salvador, Pourret, Graells), La Rápita (Dufour), montes de la Murta (Salvador, Barrelier, Cavanilles, Pourret, Quer, Palau), montes de Murviedro, Sueca, Játiva (Cavanilles), Benicasín (Pourret), Valencia, Pinet, Almenara, Mogente (Dufour), Monte Hifac Rouy).

Región meridional: Sierra Nevada (Fernández Navarrete), Tarifa, Isla del León, Conil, Trocadero (Cavanilles, Rojas, Clemente), Puerto de Santa María (Gutiérrez, Rojas, Clemente), San Roque (Broussonet), Cádiz (Webb, Willkomm, Colmeiro), Chiclana (Colmeiro), Puerto Real (Bourgeau), Sierra de Almijara (Comisión forestal), Sierra de Mijas, Churriana, Canillas, Sierra Tejeda (Boissier), Alhaurín de la Torre (Willkomm), Málaga (Webb, Willkomm, Kalisch).

Región sudoriental: Orihuela (Cavanilles), Fuensanta (Lagasca. Boissier, Lange), Hellín (Rony).

Variedad 2. **Integrifolia** D C.

LOCALIDADES.—Región meridional: Málaga (Kusinoky, Reverchon), Chiclana (Pérez Lara), Jerez, Puerto Real (Pérez Lara).

Variedad 3. **Serratifolia** D C.

LOCALIDADES.—Región occidental: en su extremo meridional, Algarbes, Cabo de San Vicente y Villa do Bispo (Salvador).

Región oriental: Denia (Rouy, Lázaro), Orihuela (Rouy), Valdenebro (Loscos).

Región meridional: Jerez (Pérez Lara), Puerto de Santa María (Gutiérrez, Pérez Lara), Puerto Real (Bourgeau), Sierra de Mijas, Churriana (Willkomm), Málaga (Reverchon), Chiclana (Pérez Lara).

Región sudoriental: Hellín, Sierra de las Cabras (Rouy), Cartagena (Huter, Porta, Rigo).

Viola Cazorlensis Gandoger. Bull. Ac. intern. Geogr. Bot. (1902), pág. 226.

ICONOGRAFÍA.

Hervier, Excurs., bot. Reverch, dans la Masiff de la Sagra., in Bull. Acad. Geogr. Bot. (1905), lám. 1.

LÁM. II.—Viola lactea, var. minor Láz ; tamaño natural.

LÁM. III — Viola subsessilifolia Láz.; tamaño natural.

LÁM. IV. — Viola longifolia Láz.; tamaño mitad del natural.

LÁM. V. — Viola calcarata L.; tamaño algo menor del natural.

Descripción.—Planta fruticosa, muy lampiña, con cepa de tres a cuatro milímetros de diámetro y ramas numerosas partidas y parduzcas que originan otras herbáceas faliíferas erguidas o ascendentes muy delgadas. Hojas todas sentadas; estípulas con dos lacinias iguales al limbo, por lo que aparece este palmeado partido en cinco lacinias, lineales-oblongas, agudas, carnositas y de color verde intenso. Flores de mediano tamaño, sostenidas por pedúnculas filiformes, cuatro o cinco veces más largos que las hojas correspondientes y provistos de dos bracteitas muy pequeñas hacia la mitad de su longitud. Sépalos lanceolados, cuatro veces más cortos que los pétalos, rojizos y con el apéndice corto y apendiculado. Pétalos estrechos, uniformes, casi truncados en su ápice o partidos en dos puntas, de color intensamente purpúreo violáceo, alguna vez blanquecinos, algo pestañosos en las uñas; el mediano, más corto y bilobulado en su extremo, con el espolón tenuísimo y, por lo menos, doble más largo que los pétalos, agudo en su ápice y purpúreo. Estigma acabezuelado en su ápice, deprimido, marginado y casi bílobo en su terminación. Cápsula casi globosa, algo aguzada en su ápice.

Florece en primavera.

Habitación.—Encuéntrase esta curiosa especie en las hendiduras de las rocas calizas.

Area.—Según Reverchon, su área es muy restringida, y su centro se puede considerar hacia las primeras fuentes del Guadalquivir por encima de Pozo.

Localidades.—Región meridional: Cazorla (Gandager), vertiente occidental de la sierra de la Cabrilla, Fuente de las Rocas, La Maleza, Pina Negra, barranco Valentino (Reverdeon).

Las bauxitas de Cataluña

por

José R. Bataller Calatayud, presbítero

INTRODUCCIÓN

Hace cuatro años, estando yo encargado del Museo Geológico del Seminario Conciliar de Barcelona, pidió visitar y revisar sus ricas colecciones un súbdito alemán. Su primordial fin era ver la bauxita que el doctor Almera descubrió cerca de Marmellá. El ejemplar predicho consiste en unos nódulos que se recogieron en Roca Vidal y fueron comprobados por el malogrado doctor Salvador Calderón y Arana; cuarteó el visitante algunos de los nódulos y manifestó que la bauxita le parecía de muy mala calidad, comparada con la de los yacimientos de la Provenza, que había visitado y estudiado; le enseñamos los ejemplares que posee el Museo de esta localidad y otras del extranjero. Provisto del mapa geológico de la provincia de Barcelona, región tercera, nos dijo que pensaba visitar el afloramiento, y luego otros de pirolusita de la provincia de Huelva, prometiéndonos enviar algunas muestras cristalizadas que no poseemos aún.

Sobre el mapa geológico de España nos hizo ver la relación estratigráfica de las dos vertientes pirenaicas, mostrándonos cómo los yacimientos franceses de bauxita están enclavados en la formación jurásica. Al despedirse nos dió una tarjeta con su dirección en Madrid, diciéndonos que si podíamos darle algún dato más sobre el objeto de su entrevista, que nos lo agradecería mucho.

En el pasado marzo (1917) tuvimos conocimiento del hallazgo de afloramientos de bauxita, en la provincia de Barcelona, por un súbdito alemán; recordamos la entrevista habida años antes, y nos sorprendió ser el descu-

bridor el señor Rudolf Goetz Phillippi, a quien habíamos conocido en su venida a Barcelona.

En las excursiones del pasado verano, comisionados por el doctor Mariano Faura y Sans, presbítero, hemos tenido el gusto de visitar la región en que se han descubierto los ricos y numerosos yacimientos de bauxita. En ellos hemos recogido variadas muestras de cada yacimiento, de las que daremos el correspondiente análisis, lo mismo que los datos paleontológicos y estratigráficos, que iremos exponiendo en el presente estudio sintético de las bauxitas. Nuestro plan se reduce a hacer un breve resumen histórico de los principales yacimientos extranjeros, con los autores que los han estudiado, teorías que han emitido acerca de su origen, datos sobre su explotación industrial. Ponemos a continuación los datos referentes a las investigaciones en España de tan apreciado mineral, y los de la región catalana. Siguen luego los datos geológicos de la zona minera: descripción sucinta de cada uno de los yacimientos demarcados, análisis de los minerales, sus aplicaciones industriales, génesis de las bauxitas triásicas de Cataluña, y, finalmente, un resumen bibliográfico referente ya a la geología de la región, ya a la naturaleza del mineral.

HISTORIA

Es la bauxita un mineral amorfo, no habiéndose encontrado nunca cristalizado, ni que ofrezca el menor indicio de estructura cristalina. Se presenta en masas granulosas de poco volumen, envueltas por una ganga oolítica o terrosa, en general compacta, otras veces fácilmente disgregable, color blanco, rojo pardo, según la proporción de óxido férrico que contenga; su dureza oscila entre 2 y 3; se deshidrata con dificultad y resiste temperaturas muy elevadas sin perder el agua; el ácido clorhídrico muy concentrado le ataca en caliente, apoderándose del hierro que contiene; el sulfúrico diluído y las bases alcalinas concentradas disuelven el sesquióxido de aluminio; si se calienta la bauxita con carbonato sódico se convierte en aluminato infusible.

Respecto de su composición química es un hidrato de alúmina con hidrato de peróxido de hierro, según Meunier; su fórmula (Groot) es $Al^2O(OH)^4$; Lapparent, la formula $H^4(AlFe)^2O^5$. Fué descubierto este mineral por Berthier en 1821, en Baux (Bocas del Ródano, de donde toma el nombre de bauxita. Existen dos tipos clásicos de bauxita, según

M. Augé: roja y blanca. La primera es característica de Thoronet; su análisis da:

Alúmina	69,30
Sílice	14,10
Oxido de hierro	22,90
Titano	3,40

En esta localidad se han encontrado unas formaciones semejantes a drusas constituídas por bauxita blanca, que contiene 85 por 100 de alúmina y el 15 por 100 de agua.

La bauxita blanca se halla en Villeveyrac (Herault), conteniendo:

Alúmina	76,90
Agua	15,80
Sílice	2,20
Oxido de hierro	0,10
Titano	4,00

Acompaña a esta, como mineral accesorio, el vanadio.

Coquand, en el estudio que hace de las bauxitas de Bocas del Ródano, las divide en dos clases: ferruginosas y aluminosas; en las ferruginosas considera las variedades compacta, terrosa, pisolítica, que dice ser la más común; pero inútil como material refractario por su blandura, conteniendo de 25 a 60 por 100 de sesquióxido de hierro; el análisis de una muestra explotada en Nas de Gilles, cerca de Baux, da:

Sílice	4,00
Alúmina y titano	18,00
Sesquióxido de hierro	60,00
Agua y cal	18,00

En las bauxitas aluminosas las hay blancuzcas, rosadas o violadas, alumínico-pisolíticas; cita como clásica la de Salindres, que se explota para obtener aluminio y sales de alúmina; contiene:

Peróxido de hierro	27,80
Alúmina	52,00
Agua	20,20

En las cartas mineralógicas empléase para designar los afloramientos de bauxita el signo $\overset{+}{\circ}$, idéntico al de fuente mineral.

Cordiere, en 1850, tomó este mineral por un pórfido arcilloso, por la gran semejanza que presenta con tal roca. Dufrenoy no admite esta espe-

cie mineral, y creyó tratarse de la gibbsita, y dice en su obra: «M. Berthier ha descrito, con el nombre de bauxita una sustancia análoga a la variedad ferrosa que forma depósitos en la villa de Baux, en Arlés; su análisis es:

Alúmina	52,00
Agua	20,40
Peróxido de hierro	27,60
Oxido de cromo	indicios

Esta composición dista mucho de la gibbsita; las complicadas relaciones y la estructura del mineral hacen creer que proviene de la descomposición de rocas aluminosas, no pudiéndose considerar como especie distinta. H. Saint Claire Deville la consideró como una variedad de diaspora.

***

Entre los trabajos que sobre la bauxita se han escrito ocupa un lugar preeminente el de M. H. Coquand, publicado en 1871 (21). Es un estudio de las bauxitas de las Bocas del Ródano y su edad geológica; describe el yacimiento fundamental original de Baux; hasta entonces se había creído erróneamente, dice, que la bauxita era contemporánea del neocomiense, y el estudio presente rectificará esta aserción. Expone las variedades de bauxita ferruginosa y aluminosas, acompañándolas de sus análisis respectivos, anotando los aprovechamientos industriales. La bauxita no está de ningún modo subordinada a la caliza de *Caprotina ammonica;* en las superficies de contacto está carcomida, y las oquedades han estado ocupadas por aluminatos, siendo esto un simple relleno posterior a la formación. Cree tener un origen acuoso, mejor indicado por la estructura de la roca que por su estratificación y alternancia con el grés calizas, arcillas, etc... El origen de las pisolitas, de las formaciones lacustres de bauxita, lo explica por la sedimentación, en el fondo del lago, de los elementos siderolíticos, aluminosos y calcáreos, alimentados por fuentes minerales, juntamente con algún movimiento en las aguas. Respecto de la edad de las bauxitas y su colocación en la serie estratigráfica, cree que ocupan una posición normal en la base del terreno del *Lychnus* (Garumniense) por alternar con las capas de este nivel. Su origen es por fuentes minerales que en aquella época aportaban a los lagos o a las superficies emergidas aluminatos de hierro, confirmando esta aserción la estructura de las diasporas que constituyen los minerales de bauxita. Aplica este mismo modo de formación a las bauxitas de Villeveyrac; respecto de las de Var, cree que son un produc-

to emanado directamente del interior. En resumen, las bauxitas del centro de Francia, sean estratificadas, sean depósitos independientes y aislados, en terrenos más antiguos que el garumniense, son todas de la misma edad, reconociéndose en ellas un origen geisseriano.

En 1881, Mr. Dieulafait (24) publicó en los Comptes-Rendus del Instituto una Nota sobre las bauxitas, sus edades, su origen, combatiendo el anterior trabajo de Coquand, por haber encontrado en ellas Saint-Claire Deville grandes cantidades de titano y de vanadio. Coquand dice haberlas estudiado desde el punto de vista geológico, y afirma ser productos eruptivos de naturaleza geisseriana, y pertenecer todas a la misma edad geológica. Dieulafait, después de quince años de estudio de estos minerales, expone sus resultados, que difieren en mucho de los de Coquand. Respecto de la edad de la bauxita de Revest, cerca de Tolón, que Coquand cree eruptiva, resulta ser estratificada, descansando sobre la caliza de *Chama*, y está recubierta por el cenomaniense. Lo mismo ha de decirse de la de Allauch (Marsella), que se encuentra en el sistema de *Fuveau*; entre éste y el del *Lychnus*, en las margas rojas de Vitrolles. Hállase, en resumen, la bauxita en cinco niveles diferentes. Su origen es debido a la descomposición de las rocas graníticas, y los elementos aluminosos resultantes, transportados junto con el sesquióxido de hierro, forman la bauxita. Fundamenta esta teoría el estudio de la formación cretácica del SE. de Francia, que tiene cerca de 1.000 metros de espesor, con una composición media de 32 por 100 de caliza, 68 por 100 de sílice y alúmina, formada en gran número de metros por granos de cuarzo y feldespatos descompuestos.

Meunier publicó en 1888 un estudio sobre el origen y modo de formación de la bauxita, granos de hierro y yeso (48). En él combate la teoría de Coquand, pues la alúmina hidratada, como también el aluminato de hierro, no es soluble en el agua, y, por consiguiente, la combinación con el carbonato cálcico o de hierro es muy difícil. A la teoría de Dieulafait, por la descomposición de las rocas graníticas, opone el hecho de que el feldespato descompuesto da el caolín, y con el agua caliente, silicatos de alúmina, pero no alúmina libre; asienta, finalmente, su opinión, y dice ser de origen hiperepigénico, fundamentándose en experimentos de laboratorio.

M. J. Roussel, al tratar de la edad de la bauxita y grés de Celles, dice estar colocada encima de la dolomia del lias, y sobre ella hay la caliza basta de *Nerinea renauxiana* y *N. coquandiana*, probablemente del urgoniense superior (67).

M. Augé, ocupándose del origen, edad e importancia geológica del

mismo mineral, dice ser muy discutida la cuestión del origen; expone la explicación de Meunier, que él había defendido hasta entonces; pero con el hallazgo, en Auvernia, de yacimientos sobre el gneis, recubiertos de basalto, y el hecho de que actualmente se forma bauxita en los geisseres de Yellowstone, cree no poderse seguir más la hipótesis de Meunier, que dice haber recibido un golpe mortal; el análisis de las muestas encontradas por Hayden en el país de los geisseres, acusa:

Alúmina	58,60
Peróxido de hierro	0,60
Sílice	32,60
Agua	5,20
Cal y ácido bórico	4,20

Sus conclusiones son: que la bauxita llega formada a la superficie de la tierra, tiene un origen geisseriano; no contiene nunca fósiles por la elevada temperatura a que es emitida. En Europa ocupa en todas partes el mismo nivel geológico; el fenómeno que originó la bauxita actuó con toda su intensidad al final del cretácico, y no ha vuelto a repetirse; opina que debiera formarse un nivel geológico con ella, de la misma manera que se ha formado con el siderolítico (9).

Meunier procuró en seguida defenderse de las impugnaciones de Augé y Grossouvre acerca de su hipótesis de formación de la bauxita y minerales siderolíticos (49).

L. Collot, al ocuparse en la edad de las bauxitas del SE. de Francia, parece inclinarse, en cuanto al origen, a la opinión de Dieulafait, y, respecto a la colocación estratigráfica, las repone siguiendo a Coquand, en el neocomiense; pero, más tarde, las colocó en el nivel del *Lychnus* (garumniense). Hace una detallada descripción de cada yacimiento, determina su edad e intercala diferentes cortes estratigráficos (19).

Pocos años después (1887) publicó otra Nota sobre el mismo asunto: en ella enumera las localidades francesas y señala la edad de los yacimientos. La de Saint-Chinian (Herault) descansa sobre el infralias, estando recubierta por las pudingas, grés silícico rojo y calizas danienses; en Villeveyrac, la serie jurásica es completa, descansando las bauxitas sobre las calizas grises del jurásico superior; en Baux, sobre las blancas urgonienses. En Rians, Pourrieres, Peynier, Olliéres, se encuentra sobre las calizas blancas del jurásico, lo mismo que en Val, cerca de Brignolles. Al S. de Trents, aparece entre el jurásico y el cretácico; en Allauch, tiene encima el cretácico; en Revest y Ollinulles, cerca de Tolón, pertenece al urgoniense. La bauxita, concluye, no ocupa nunca un nivel supe-

rior al urgoniense, siendo sus límites el cenomaniense y el urgoniense (18) (20).

L. Roule se ha ocupado también en los yacimientos del SE. de Francia; hace referencia a los trabajos de Coquand y Dieulafait; asiente que la colocación estratigráfica es muy discutida; da luego su opinión. El mineral de la Provenza, dice, presenta dos aspectos: ya en bancos continuos y de gran amplitud, ya reducidos isleos en extensión y profundidad. En el primer aspecto alterna con calizas y margas en concordancia y sin interrupción, estando colocada entre las hiladas de lignito de *Fuveau* y el terreno lacustre del *Lychnus* (daniense), o está sobre el *Lychnus*; pero reposa sobre un terreno de la serie más inferior del senoniense. En el segundo aspecto, que es más frecuente y variado, la bauxita no está intercalada en las capas de un mismo terreno ni entre dos terrenos sucesivos, sino entre dos que no se siguen en la serie y están colocados debajo del senoniense superior; así, en Etoile, se halla entre el infralias y el aptiense; en Revest, entre el neocomiense y el cenomaniense; en Allauch, está entre el neocomiense y las capas de *Hippurites organisans*. En resumen, no existe más que un nivel de bauxita en el SE. de Francia, que pertenece a la serie lacustre que termina el cretácico de esta región, y se emplaza entre las capas de lignito y el terreno del *Lychnus*. Sin emitir juicio alguno sobre el primer origen de esta roca, dice haberse depositado en el fondo del lago que se extendía por la Provenza y Languedoc (66).

P. Gourret y A. Gabriel estudiaron, en 1889, el yacimiento de Garlabán, que se encuentra en los alrededores de Marsella. Según sus apreciaciones, el mineral descansa sobre los primeros bancos urgonienses de *Requienia lonsdalei*, y sobre ella las calizas con silex de Cantepedrix y Pas de la Reine. En algunos casos no está asociada a las capas de *Cyrena galloprovincialis*, que no se presentan en este macizo. La formación no presenta fallas, apareciendo como un depósito sedimentario, aunque no presente ninguna estratificación manifiesta; contiene algunos fósiles indeterminables, que, probablemente, son marinos. A causa de los nódulos de limonita que la acompañan siempre, y por la edad de las capas superpuestas, la bauxita puede considerarse como el equivalente del Gault en el macizo de Garlabán (31).

Ch. W. Hayes ha estudiado detenidamente los afloramientos de los Estados Unidos; cita las localidades europeas (franceses) con los datos de los trabajos de Coquand y Augé (32), (33), (34), (35), (36), (37). De los afloramientos americanos habla de *Nueva-Mexico* (Silver City), *Arkansas*, que se descubrió en 1891, y explica su origen por diversas teorías, y *Georgia-Alabama*, del que se ocupa preferentemente; sus depósitos

se encuentran en la dolomia knox del silúrico, y acompañan a la bauxita la gibbsita, la halloysita y el caolín; su análisis da:

Alúmina	75,03
Agua	16,00
Óxido de hierro	1,84
Sílice	2,66
Acido titánico	0,96
Otros residuos	3,00

En cuanto al origen, cree con M. Spencer, que la alúmina proviene de las rocas cristalinas de la Georgia Central, y la caliza, de la descomposición de la dolomia knox; extiéndese luego en consideraciones sobre la formación del material, medios cómo se verificaría el transporte y el proceso de acumulación local; referente a la edad, la coloca en el eocénico. Dedica la última parte de su trabajo a la producción extractiva de esta región, cuyo resultado, en los años de 1889-1895, resume en los siguientes datos, completados por W. C. Phalen (55-61), en *Mineral Resources*, hasta 1916:

PRODUCCIÓN DE BAUXITA EN LOS ESTADOS UNIDOS, DE 1889-1915

Años	Georgia	Alabama	Arkansas	Tennessee	Total	Valor
1889	728	»	»	»	Ton. 728	2.366
1890	1.844	»	»	»	— 1.844	6.012
1891	3.301	292	»	»	— 3.593	11.675
1892	5.110	5.408	»	»	— 10.518	34.183
1893	2.415	6.764	»	»	— 9.179	29.507
1894	2.050	9.016	»	»	— 11.066	35.818
1895	3.756	13.313	»	»	— 17.069	44.000
1896	7.313	11.051	»	»	— 18.364	47.338
1897	7.507	13.083	»	»	— 20.590	57.652
1898	»	»	»	»	— 25.149	75.437
1899	15.736	14.083	5.045	»	— 35.280	125.598
1900	19.739		3.445	»	— 23.184	89.676
1901	18.038		867	»	— 18.905	79.914
1902	22.677		4.645	»	— 27.322	120.366
1903	21.913		25.713	»	— 48.087	171.306
1904	15.173		25.748	»	— 47.661	235.704
1905	25.065		32.956	»	— 48.129	240.292
1906	34.271		50.267	»	— 75.332	368.311
1907	14.464		63.505		— 97.776	480.330
1908	22.227		37.703		— 52.167	263.968
1909	33.096		106.874		— 129.101	679.447
1910	30.170		115.836		— 148.932	716.258
1911	22.374		125.448		— 155.618	750.649
1912	19.587	14.173	126.105		— 159.865	768.932
1913	27.409		182.832		— 210.241	997.698
1914	18.547		200.771		— 219.318	1.069.194
1915	25.008		272.033		— 297.041	1.514.834

En 1899 publicó un estudio acabado sobre los depósitos de bauxita de Arkansas (35), que están enclavados en terrenos terciarios, bordeando casi siempre la formación granítica; su origen lo explica por las precipitaciones y sedimentaciones de los materiales aportados por las aguas; éstos provienen de las sienitas que caracterizan la formación granítica de Arkansas. Según el doctor Williams, la descomposición de la sienita forma el caolín, y la alteración del caolín, la bauxita, reduciéndose la sílice; otra teoría que apunta es por el metamorfismo, es decir, que los elementos graníticos descompuestos por presión y temperatura se han transformado. El total de los depósitos cubicados explotables asciende a 6.601.500 toneladas; el de las reservas posibles, a 43.711.200 toneladas. El análisis de estos yacimientos, es como sigue:

Alúmina	63,00
Sílice	2,25
Hierro	11,95
Agua	31,50

Recientemente (1916), Wigglesworth Clarke (77) ha resumido todas las teorías expuestas sobre el origen y formación de la bauxita, tanto de Europa como de América, en su obra *The Data of Geochemistry*, de la que transcribimos algunos datos. La bauxita, dice, entre el variado número de compuestos de aluminio, es, probablemente, una mezcla de dos hidratos: gibbsita y diáspora; esta última, semejante a la primera, se encuentra amorfa, en tanto que la gibbsita o hidrargilita se ha encontrado, aunque raramente, cristalizada. La bauxita, igual que la laterita, se encuentra bajo una gran variedad de condiciones, lo que requiere una desigualdad en el origen. Su formación ha sido explicada de varias maneras; pero no se ha dado una teoría aplicable a todos los casos.

En varias localidades de Alemania, la bauxita se encuentra como la laterita, en forma de un residuo directo de la descomposición del basalto, mostrando en algunos casos la estructura de la roca original. En Irlanda, G. A. J. Cole ha descrito la bauxita, que es, aparentemente, derivada de la riolita o de restos riolíticos; el descomponente riolítico estaba fundido, conteniendo una considerable proporción de alúmina, soluble en ácido sulfúrico caliente. Cole supone que las lavas han sido primero atacadas por los vapores ácidos, y que la alúmina así disuelta ha precipitado por la acción del agua cargada de carbonatos alcalinos (17). G. H. Kinaham, en la descripción del mineral de otras localidades de esta región, en que la bauxita está asociada al hierro, cree que el mineral se ha originado por la ac-

ción de la materia orgánica, derivada de la turba colocada sobre las margas ferruginosas (42).

En los Estados Unidos, los principales depósitos de bauxita se encuentran en Georgia-Alabama y Arkansas; la primera formación ha sido descrita por J. W. Spencer (69), H. Mc. Calley (45), C. W. Hayes y T. L. Watson (76). Spencer considera la bauxita como un depósito de lagunas, asignándole un origen común al de los minerales de manganeso y de hierro. Bajo esta interpretación, que no ha sido generalmente aceptada, la bauxita, como los aluminatos, equivalen al hierro de los pantanos en su formación.

Hayes hace notar la asociación de este mineral con la gibbsita, halloisita y caolín, atribuye su formación a la acción de las aguas termales ascendentes, las cuales descomponen la pirita en varias sales. Las disoluciones alumínicas libres precipítanse luego por el carbonato de cal; a una intervención parecida de los sulfatos suponen A. Liebrich y otros la formación de este mineral. El hallazgo de la bauxita en inmediata asociación con la alunita en Gila River superior de Nuevo México, según W. P. Blatre, aumenta el valor de esta aserción.

La alteración de la riolita por un cuarzo-alunita o por un cuarzo-diáspora en Rosita Hills (Colorado), descrita por W. Cross, puede también tener algún valor en este problema.

La bauxita de Georgia Alabama tiene una composición, según demuestran muchos análisis, semejante a la gibbsita, que ha sido observada y preparada sintéticamente por A. de Schulten, mediante la acción del dióxido de carbono sobre una disolución alcalina caliente de hidróxido alumínico, obteniendo de este modo distintos cristales de gibbsita.

El mineral de Arkansas ha sido estudiado por J. F. Williams (78), J. C. Branner (11) y C. W. Hayes; concuerdan todos estos observadores en que la bauxita pertenece al terciario, proviniendo de sienitas eruptivas, y no son sedimentos de materiales afines. Hayes describe dos variedades de bauxita: una de carácter granítico, que muestra la estructura de la sienita, de la cual es, probablemente, derivada; la otra es en forma de pisolitas, y puede ser una formación secundaria. En algunos puntos, según Branner, la bauxita contiene mucho hierro, habiéndose intentado explotarla para la obtención de este mineral. La bauxita granítica parece provenir de la descomposición de la sienita, que integra esta localidad; la variedad pisolítica es, quizás, un precipitado de una disolución. Respecto del origen de la bauxita, los tres geólogos convienen en ser debida a la acción del agua, que, según Hayes, debía ser altamente salino-alcalina y caliente; no concuerdan en los detalles de los procedimientos de forma-

ción. Uno de los depósitos de Arkansas, el de Fourche Mountain, es interesante, por no hallarse en él más que la eleolita sienítica; la gibbsita y diáspora son consideradas como producto de descomposición de la eleolita y la sodalita, siendo opinable que estas dos especies puedan haber sido los padres de la bauxita. Como la bauxita de Georgia, el mineral de Arkansas se aproxima a la gibbsita en su composición; también contiene notable cantidad de titanio.

No convienen los mineralogistas en la apreciación de la bauxita como un mineral de especie distinta, teniendo la fórmula empírica $Al_2O_3 2H_2O$; pocas muestras la tienen exacta; es usualmente intermediaria entre la diáspora $Al_2O_3H_2O$ y la gibbsita $Al_2O_3 3H_2O$, siendo su composición muy semejante, ya a una, ya a otra especie mineral. Parece ser, realmente, una mezcla de los dos hidratos; pero en proporción indefinida. Cuando disoluciones de aluminato sódico se descomponen por el dióxido de carbono, solamente el trihidrato es precipitado; al menos en los productos cristalinos obtenidos y observados. De ordinario, el hidróxido gelatinoso precipitado tiene, según E. T. Allen, la misma composición; pero a 100° pierde agua y pasa a dihidrato. Este último, en el aire húmedo, recobra el agua prontamente, volviendo a transformarse, dando un mineral natural sumamente inestable, aunque este hidrato formado puede prontamente ser alterado en una substancia muy parecida a la gibbsita. En la forma coloidal, el trihidrato, a menudo contiene gran cantidad de agua; según J. M. von Beramelen, esta forma puede cristalizar o quedar amorfa; disuelta en una grande o pequeña proporción de agua, prontamente precipita en compuestos muy inestables. La alúmina precipitada contiene, a veces, apreciables cantidades de carbonatos, no pudiéndose precisar si combinados químicamente o no. Los carbonatos básicos de alúmina, descritos por varios autores, son substancias de carácter dudoso, y, por tanto, no son recomendables para la interpretación de los fenómenos geológicos. El carbonato básico de aluminio y sodio, la dawsonita, se ha encontrado en estado natural; pero su génesis es indeterminable; lo mismo ha de decirse de la dundasita, fosfocarbonato de alúmina y magnesio; la dawsonita puede ser resultado de la difusión de materias orgánicas.

El titanio que se ha observado en la bauxita por Saint-Claire Deville, es, igualmente, un producto de concentración, y se ha encontrado también en muchos residuos de calizas; es posible que provenga, en algunos casos, del xantitano, hidrato alumínico-titánico, mineral reconocido como producto de la alteración de la esfena. El procedimiento por el cual los silicatos alumínicos son transformados en hidratos, no ha sido determinado con seguridad; es probable que, en muchos casos, la formación de disoluciones

ácidas por la oxidación de las piritas sea el primer paso en la alteración, disolviendo la alúmina de las rocas para producirla otra vez en la mezcla con disoluciones alcalinas o disoluciones de carbonato cálcico. La precipitación puede ocurrir en el mismo lugar y al tiempo de la formación de las disoluciones alumínicas, o la materia disuelta puede ser llevada a grandes distancias antes de su sedimentación, ya que la alúmina coloidal es soluble en agua, pudiendo ser transportada a gran distancia antes de ocurrir la coagulación. La disolución de la alúmina de las rocas silíceas requiere una reducción de la sílice, que luego puede disolverse prontamente en una materia alcalina del fondo de las aguas, al ser éstas removidas.

En las regiones volcánicas en actividad, como Java, Sumatra, Hawaii, las emanaciones ácidas volcánicas representan un importante agente en la descomposición de las rocas silícicas y en la solución de la alúmina. La acción de las aguas termales y atmosféricas, separada o juntamente, puede también ser considerada, con referencia a la formación de la bauxita. E. Kaiser, estudiando la alteración de los basaltos germánicos, supone que las aguas carbonatadas, primero transformaron los silicatos alumínicos en hidratos compuestos, de los cuales, por la disolución de los alcalinos, precipitan. La caolinita es un silicato insoluble, que pasa a soluble al transformarse; la halloisita, compuesta de la especie anterior y agua, es descompuesta por los ácidos, siendo un compuesto intermedio la asociación de la halloisita con la bauxita en Georgia, induce la misma posibilidad, debiéndose tener en cuenta su presencia en la formación de las ceolitas. Esta relativa solubilidad de los silicatos de alúmina apoya la hipótesis de Kaiser; queda aun por observar si es posible obtener la transformación de una roca ígnea en bauxita, a pesar de todos sus estados tan variados, lo cual no ha sido aun ejecutado.

Por deshidratación, la bauxita pasa a esmeril; éste, sin embargo, puede ser considerado como el equivalente metamórfico de la bauxita.

Ch. Deperet, en su trabajo sobre la geología de la cadena de Saint-Chinian, hablando de la bauxita, la coloca en el jurásico superior. Rellena, dice, en la base, los huecos de erosión formados en la superficie de las dolomias jurásicas, disposición que algunos autores han aprovechado para explicar en esta roca el origen eruptivo o hidrotermal.

El origen en esta formación cree es producido por la descalcificación (más o menos modificada por las acciones químicas ulteriores, en lo que se refiere a la pérdida de sílice) de las calizas y dolomias jurásicas, bajo la influencia de las acciones de disgregación y disolución, que se verifican en la superficie de las rocas en el largo período de su emersión continental, y concluye: «quoi qu'il en soit de son origine encore un peu obs-

cure, la bauxite occupe, dans la region de Saint-Chinian, une place stratigraphique parfaitement determinée qui se retrouve dans toutes les coupes» (23).

F. Laur, en una comunicación sobre la bauxita de Var y de Brignolles, afirma que todos los afloramientos son del aptiense, de donde deduce ser este mineral cretácico-jurásico. Esta aserción suscitó una serie de reparos entre los miembros de la *Société Geologique*. G. Dollfus la refuta, diciendo que Collot colocó en el aptiense la del SE. de Francia; pero puede ocupar otros niveles, dado que se origine por alteración en presencia de las calizas. M. Toucas cita a Collot, afirmando que la edad está comprendida, ya entre el urgoniense y cenomaniense, ya entre el aptiense y gault, pudiéndose encontrar en todos estos niveles; Marcel Bertrand la ha visto entre el urgoniense y el cenomaniense de la región NE., cerca de Baraliere y Turben, pero no en el aptiense de Beaussel. Lapparent dice que los alemanes señalan afloramientos de bauxita en el miocénico de Wurtemberg, y Mr. Bauer publicó una Memoria sobre la formación actual de la bauxita en Scychelles, por la alteración de las rocas cristalinas o graníticas cerca de las regiones tropicales (44-43).

YACIMIENTOS EXTRANJEROS

Después del bosquejo histórico, poco queda por decir acerca de los yacimientos extranjeros de bauxita; sólo apuntaremos algunos datos referentes a su explotación.

Francia

Posee los más ricos, y de donde procede la mayor parte del mineral que hoy se beneficia en Europa, como Brignolles de Var, Parabeon les Baux (Herault), Baux (Provenza), Villeveyrac (Herault). Los yacimientos de las Bocas del Ródano llegan a tener espesores de 8 a 10 metros. Existen otros de menor importancia en Crosviel de Cannes, Narbona (Aude), Celles, Lozere, cerca de Mende, Pereilhes (Ariege), Saint-Chinian, Madriat, Boudes, Augnat (Auvernia), etc.

En 1913 existían en Francia cinco Compañías dedicadas a la obtención del aluminio metálico. Estas eran: *Société électrométallurgique fran-*

çaise; Compagnie des produits chimiques d'Alais et de la Camargue; Société des forces motrices et usines de l'Arve; Société des produits électrochimiques et électrométallurgiques des Pyrénées; Société d'électrochimie.

Estas cinco Compañías han formado otra Compañía, *L'aluminium français*, la cual actúa colocando el metal en el mercado, investiga nuevas aplicaciones del aluminio, y sostiene una activa propaganda para animar el consumo del metal. Esta Compañía también fabrica en sus instalaciones de Selzaute (Bélgica) y Mennessis (Francia), considerables cantidades de alúmina, sulfato de alúmina, etc. Ahora está construyendo en Arrean (Pirineos), una fábrica de aluminio, y en Chambéry (Saboya), un taller de laminar para la fabricación de planchas de aluminio, etc. En Kremlin-Bicetre, cerca de París, tiene una fábrica de tubos.

La *Société électrométallurgique*, de Paul Heroult y Compañía, fundada en 1888, es la más antigua de las Compañías electrometalúrgicas de Francia. Su capital es de 15.500.000 francos. En las diferentes instalaciones de esta Compañía en Froges, La Praz, St. Michel de Maurienne y L'Argentiere, se utilizan de 65.000 a 70.000 caballos de fuerza, durante la mayor parte del año. Además de barras de aluminio, palancas, alambres, cables, tubos, utensilios de aluminio cocido y aluminio puro, la Compañía produce acero eléctrico (procedimiento Herault), carbón electrolítico, etc.

La *Compagnie des produits chimiques d'Alais et de la Camargue* fué fundada en 1855, y su capital es ahora de 10.500.000 francos. La instalación de Salindres fué primeramente proyectada para fabricar sosa por el procedimiento de Le Blanc; pero, más tarde, se dedicó a la fabricación del cloro, y empezó en 1861 a elaborar aluminio por el procedimiento de Henri Ste. Claire Deville. Durante treinta años fué el único productor de aluminio en Francia. En 1897 compró la instalación de aluminio Calypso, habiendo posteriormente instalado otra para la fabricación hidroeléctrica, y produciendo cantidades considerables de aluminio.

La *Société des produits électrochimiques et électrométallurgiques des Pyrénées*, fundóse en 1906, y tiene un capital de 6.000.000 de francos. Su instalación de Auzat tiene una capacidad de 16.000 caballos de fuerza, y su producción total es de seis toneladas de aluminio, nueve toneladas de cloratos y percloratos, y 10 toneladas de carburo de calcio, etcétera, por día.

La *Société des forces motrices et usines de l'Arve*, constituída en 1895, posee un capital de 4.100.000 francos. La instalación de Chedde, provista de una fuerza electromotriz de 22.000 caballos, da un rendimien-

to máximo de seis toneladas de aluminio y 22 toneladas de clorato y perclorato al día.

La *Société d'électrochimie*, creada en 1889 por Gall y De Montlaur para la producción electrolítica de cloratos de potasio y calcio, tiene un capital de 10.000.000 de francos. En sus numerosas instalaciones produce cloratos, aluminio, calcio, calcio anhidro, cianuro de potasio y sodio, y otros productos químicos.

Italia

Durante mucho tiempo se había discutido si había o no bauxita en esta nación; pero las recientes investigaciones de Mattirolo, y los análisis de Formenti, han demostrado la presencia de notables yacimientos superficiales de un millón de metros cúbicos, con un espesor medio de tres metros, en Lecce nei Marzi (falda del monte Turchio), en Pietraroja (Apenino central). Su calidad la demuestra el siguiente análisis:

	Pietraroja	Lecce nei Marzi			
Alúmina.....	58,85	57,60	56,79	54,46	56,89
Hierro.....	18,62	26,55	26,20	30,63	25,98
Sílice.....	7,91	2,79	2,98	2,48	4,06
Titano.....		1,27	2,21	1,17	1,28

El crecido tanto por ciento de hierro ha hecho que los ingenieros italianos tomaran como de este mineral los afloramientos de bauxita. Hoy posee la Sociedad Italiana, para la fabricación del aluminio, un establecimiento en Bussi (Valle de Pescara), creado en 1906, que ha rendido más de 600 toneladas anuales de mineral puro. Recientemente se ha descubierto este mineral en la orilla izquierda del Liri y en Mozze del Piamonte (1), (29), (51).

Austria-Hungría

Poseía los notables yacimientos de Wochein, enclavados entre el keuper y jurásico, Pitten, Carniola, Estiria y Dalmacia. Con ocasión de la guerra han tenido que buscarse nuevos afloramientos de mineral qus sustituyesen al que antes se importaba, ya que las fábricas alemanas y aus-

triacas empleaban la bauxita francesa; pero los nuevos descubrimientos de Hungría y Carniola proporcionan una bauxita equivalente a la francesa y en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades de estos territorios. En 1915 se fundó en Hungría una Sociedad para la explotación del afloramiento del valle de Zud; la producción húngara de bauxita, nula antes de la guerra, fué de 59.000 toneladas. Los depósitos de bauxita de los condados de Bihar y Kolosz proporcionaron bauxita a las fábricas suizas y alemanas Goldschmieden y Martinswerk, cerca de Colonia: sólo el afloramiento de Bihar ha rendido 60 vagones diarios. Gracias a las bauxitas húngaras han podido obtener aluminio los Estados centrales durante la guerra. La Dalmacia ha sido también muy explorada, dando por resultado el hallazgo de importantes yacimientos de bauxita, a más de los ya conocidos desde antiguo.

En Grecia se han encontrado yacimientos de bauxita en la isla de Naxos; en Rusia, Pokrowköïe; en Alemania, Hadamar (Hesse), Vogelberg, Glenariff; en Inglaterra, Belfast, condado de Autrim (Irlanda), en que se extrajeron 10.500 toneladas en 1895, y en 1897 ascendió a 13.349 toneladas. En esta última localidad, el mineral se halla estratificado entre dos capas de basalto miocénico, del cual parece derivar; contiene de 46 a 54 por 100 de alúmina, y de 1,50 a 15 por 100 de sesquióxido de hierro.

La extracción minera de bauxita de Inglaterra en 1914, era de toneladas 8.286, con un precio de 2.159 £., y en el año siguiente ascendió a 11.723 toneladas, con un valor de 3.163 £.

Estados Unidos

Es el país del mundo más rico en bauxita, que se ha encontrado en Nuevo México (Silver City), Arkansas, Georgia-Alabama, Teneessee, Yellwstone, Virginia, California, Pensilvania, Kentuky, etc. Esta industria tiene sus orígenes en 1883, que sólo se laboraron 37 kilos de aluminio. A medida que la fabricación aumenta, la importación de bauxita disminuye, debido al descubrimiento de los considerables depósitos de Georgia Alabama, Arkansas y Teneessee. Solamente la Compañía *Pittsburg Reduction,* en sus fábricas de New Kensington y Niagara-Falls, produjo 1.814.400 kilos de aluminio.

El extraordinario florecimiento que las industrias del aluminio han obtenido en estas regiones puede verse en los cuadros que reproducimos tomados del trabajo de W. C. Phalen.

Cuadro de la bauxita extraída, importada y laboreada en los Estados Unidos, de 1909 a 1915

Años	Producción		Importación		Consumo	
	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor
1909	129.101	679.447	18.688	83.956	147.789	763.403
1910	148.932	716.258	15.669	65.743	164.601	782.001
1911	155.618	750.649	43.222	164.301	198.840	914.950
1912	159.865	768.932	26.214	95.431	186.079	864.363
1913	210.241	997.698	21.456	85.746	231.697	1.083.444
1914	219.318	1.069.194	24.844	96.500	244.162	1.165.694
1915	297.041	1.514.834	3.420	17.107	300.461	1.531.941

Cuadro de las sales de aluminio laboreadas e importadas en los Estados Unidos, de 1909 a 1915

Años	Producción				Importación	
	Alumbre		Sulfato de alúmina			
	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor
1909	9.237	295.682	115.366	2.214.122	1.459	29.061
1910	9.090	300.763	126.792	2.447.552	2.127	53.671
1911	10.468	329.686	134.077	2.743.336	2.283	56.833
1912	9.246	293.995	150.427	2.909.495	3.342	84.606
1913	9.605	312.822	157.749	2.977.708	2.702	66.549
1914	18.238	565.989	164.954	2.942.572	2.891	73.028
1915	24.915	699.256	169.153	3.224.495	1.408	34.320

En los productos importados van incluídos la alúmina, hidrato de alúmina, bauxita refinada, alumbre, sulfato de alúmina, etc.

América del Sur

En estos últimos años hanse descubierto extensas formaciones de bauxita en la Guayana inglesa, cuya extensión vista abarca más de 6.000 hectáreas, en el cauce del río Demerara, próximas a Wismar, Christinburg, Three Friends a unos 150 kilómetros de Georgetown; de los afloramientos del cauce del Surinam como Oncribo, Para Creek, Rena Reu

Creek. Portorico y Marechals Branch, no se ha reconocido aún su extensión (61).

La producción mundial de bauxita puede verse en el siguiente cuadro:

NACIONES	1911		1912		1913		1914	
	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor
E. Unidos..	155.618	750.649	159.865	768.932	210.241	997.698	219.318	1.069.194
Francia....	250.818	508.788	254.851	507.649	304.407	»	»	
Inglaterra..	6 007	6.297	5.790	6.881	6.055	7.606	8.286	10.507
Italia.....	5.600	12.300	26.596	20.618	16.843	16.101	3.844	9.046
India.....	12	24	950	2.511	1.184	161	514	156

INVESTIGACIONES EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

En España son muy meritorios los trabajos e investigaciones que ha verificado J. Calafat, referentes a los minerales de aluminio; en una de sus publicaciones indica haberse encontrado grandes yacimientos, en los que hay demarcadas unas 1.000 pertenencias en 14 minas; con todo, no cita, o desconoce la localidad. En Puente Arce encontró una especie mineral que, luego de analizada, resultó ser la gibbsita, de la que hace un estudio comparativo con la bauxita y la hidrargilita (12-13).

El doctor Salvador Calderón y Arana, en una nota publicada en los *Anales de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, hablando de la bauxita, dice: «Los fenómenos geisserianos han obrado también en diversos puntos en las épocas geológicas anteriores, y a ellos deben, al parecer, su origen los jaspes unicolores de tantas localidades, así como el silicato de alúmina llamado *bauxita*, del cretácico de diferentes localidades, y cuya génesis ha dado lugar a varias polémicas.»

En una nota sobre la existencia de la bauxita en España, refiere haberse extraído mineral, que se labora en el extranjero; pero desconoce la localidad. De Salamanca se ha citado, como abundante, este hidrato de alúmina, pero no se ha podido obtener ningún dato concreto; en Lebrija se explotan unas margas y arcillas, mezcladas con una substancia de la composición de la bauxita, que Calafat ha comprobado ser el mineral de Baux; ha sido encontrada en Fuensanta (Almería) y en la sierra de Cartagena. De Portugal no se tienen noticias de haberse encontrado.

Al hablar de este mineral en su obra *Minerales de España*, dice: «las

noticias que tenemos son escasas e incompletas. Las pocas muestras enviadas en consulta a la Escuela de Minas y al Museo de Ciencias Naturales, de diferentes regiones de la Península, han dado resultado negativo; es decir, no eran bauxita». La Comisión encargada de buscarla en el Pirineo español tampoco dió resultado, y la *Revista Minera* dice haberse extraído mineral, que se envía al extranjero.

En Cataluña hállase, en el Seminario de Barcelona, un ejemplar de Marmellá (Tarragona), que fué hallado por Almera: ha sido ensayado en el extranjero, y aunque se reputa como perteneciente a esta especie, no ofrece condiciones de beneficio por la mucha sílice que le acompaña (14-16).

La única cita conocida y publicada hasta ahora de la bauxita es la del doctor Jaime Almera en la hoja 3.ª del Mapa Geológico de la provincia de Barcelona, y dice así: «Bauxita. Un reducido isleo de poco espesor existe al Norte de Castellví de la marca junto a Roca Vidal, descansando sobre la dolomia infracretácica, acompañada de multitud de pisolitas de óxido de hierro. Tiene mucho parecido con la de Mediodía de Francia y de los Pirineos.» Esto escribía hace treinta años; hoy podemos decir que esos isleos se han multiplicado en número y potencia. (4)

Región catalana

Respecto de los yacimientos en que nos vamos a ocupar, es ya grande el número de Notas en revistas y publicaciones científicas, dado el interés que ha despertado el hallazgo de la rica mena, base de nuevas industrias que podrían implantarse en Cataluña.

La *Revista Minera*, de 16 de febrero de 1917, anuncia, con ocasión del artículo del Sr. Juan Urrutia, «La energía hidro-eléctrica de España y sus aplicaciones», haber en España criaderos de bauxita, cuya noticia comunica un suscritor, persona de competencia muy práctica en la industria francesa de minas y fundiciones de esta clase, que después de largas investigaciones y de haber recorrido muchas provincias de nuestro país, puede asegurar que existen aquí criaderos de bauxita de verdadera importancia industrial, y por la calidad de la mena. Ha obtenido varias concesiones y ha practicado numerosos análisis, de los que dá los siguientes resultados:

Sílice	4,02	4,43	18,60	14,52	13,85
Alúmina	66,15	77,95	65,48	70,55	65,84
Hierro	9,50	1,16	0,32	0,63	5,28

Que las muestras a que corresponden estos datos son de bauxita, y de bauxita muy buena casi todos, no hay duda ninguna, y tampoco podemos dudar de la veracidad del comunicante. Para nosotros, la incógnita es la importancia que ofrezcan los yacimientos, es decir, su extensión y su contenido de mineral útil, ya que en esto la vista engaña, y tampoco son suficientes las presunciones geológicas: sólo las labores de investigación, bien conducidas, pueden aportar seguros cálculos industriales. ¿Se han practicado suficientes investigaciones mineras? No lo sabemos. Así concluye la primera publicación referente a los nuevos yacimientos.

Poco después, *Ibérica* ocúpase también de los criaderos. Hace referencia a los trabajos de Calderón y a la comunicación anterior de la *Revista Minera*, que «el ingeniero-jefe de Minas de Barcelona D. Francisco Fontrodona ha dirigido varias comunicaciones al Consejo de Minería y al Instituto Geológico dando la noticia de que en el manchón triásico que hay al N. de Villafranca del Panadés, partidos de La Llacuna y Santa María de Miralles, lindando con la provincia de Tarragona, existen extensas manifestaciones de bauxita, rellenando grietas y cavidades de la caliza del keuper con carácter geisseriano». Como el asunto tiene científica e industrialmente interés especial, en breve, el Instituto Geológico comenzará un estudio de los yacimientos.

El Sr. Calafat ha publicado recientemente en la *Sociedad Española de Historia Natural*, la descripción de los minerales que le suministró el señor Goetz Philippi, transcribiendo los análisis verificados por Morin y Dubois, de París, ya publicados en la *Revista Minera:* cita algunas de las demarcaciones y concluye con una aclaración importante desde el punto de vista científico, es decir, que Goetz Philippi es el verdadero descubridor de estos importantes yacimientos. (13)

Institució Catalana d'Historia Natural ocupóse también del importante descubrimiento minero en la sesión de junio, en la que el P. Faura mostró unos ejemplares que él había recogido en los yacimientos, anunciando una comunicación científica que sobre los mismos tenía en estudio.

La revista *Deutsche Warte-Atalaya Alemana,* que se publica en Barcelona, reprodujo la comunicación del Sr. Calafat en el núm. 43, página 3, del 27 de octubre próximo pasado.

Finalmente, el doctor Mariano Faura ha publicado una Nota sobre la naturaleza, origen y edad de formación de las bauxitas de la sierra de La Llacuna en el *Butlleti de l'Institució*. En ella expone la naturaleza del mineral, citando los principales afloramientos mundiales, aplicaciones industriales, con una breve reseña de las investigaciones nacionales del preciado mineral. Antes de comenzar la guerra reconoció unas muestras de

bauxita roja, compacta, con abundancia de pisolitas incluídas, recogida probablemente en la cuenca alta del Segre, y que, por su aspecto, podría muy bien ser hallada en las estribaciones meridionales de la sierra del Cadi (provincia de Lérida). El análisis practicado dió:

Oxido de alúmina	49,40
— de sílice	36,20
— de hierro	10,60
— de cal y magnesia	»
Agua y otros residuos	3,80

Dada la gran cantidad de sílice, se desistió de su explotación. Las muestras a que nos referimos tienen el mismo aspecto que la bauxita hallada en el Puig, cerca de C. Sanahuja. Referente a la cuestión del verdadero descubridor de estos yacimientos, dice: «Romanent á Espanya de des-del començament de la guerra l'expert geóleg alemany Rodolf Goetz Philippi, coneixedor dels classics llits francesos, escursionejant per la Peninsula Iberica amb l'esclusiu objecte de buscar llits de bauxita de condicions especials per á esser explotada industrialment, ha tingut ocasió de descubrir diferentes formacions amb bauxita. Vingué a Catalunya i se li facilitarem del Museu del doctor Almera les poques dades que podien esserli interessants, quan recorrent per differents indrets de nostra regió se li proposaren unes mines ya demarcades que al reconeixer les mostres, pogué converce's de la presencia de importants afloraments de bauxita: Allavors començaren els analisis, les negociacions i alguns assaigs industrials etc... i al extendre's la nova s'han fet altres demarcacions mineres, apareixent nous aflorements per diferents indrets de la serra de La Llacuna.»

Respecto del origen del mineral cree ser efecto de una reducción metalífera entre los extractos del keuper, por efecto de la presión en los plegamientos y fallas transversales, combinados con los pliegues generales de la región. Sobre la edad geológica afirma ser el keuper, aunque no se pueda precisar el horizonte estratigráfico general por ser los yacimientos localizados, y cada uno de ellos con caracteres particulares. Extiéndese luego en algunas consideraciones sobre la tectónica y estratigrafía general de la región. Por las apreciaciones hechas superficialmente cree poderse asegurar la existencia de más de 100.000 toneladas de mineral aprovechable (28).

FORMACIONES GEOLÓGICAS

La región en que están enclavados los yacimientos de bauxita hállase a 41° de latitud y a 5° 15′ al E. del Meridiano del Observatorio de Madrid; todos los yacimientos radican dentro o en los bordes de la formación triásica superior o keuper, generalmente, entre los yesos y carniolas de este nivel.

Cuaternario

El cuaternario actual, cuyo espesor no pasa de 1,50 metros, se presenta en el llano de Santa Ana, entre San Quintín de Mediona y Mediona. Al NW. de la Llacuna se encuentra otro isleo, quizás el de mayor extensión, que está atravesado por la carretera de Igualada; entre c. Sanahuja y c. Xixella se halla otro manto que bordea el fondo del Llop.

En el torrente de Puig Cogul, cerca del Mas Gelat, y en Casas Pardo, hay unos reducidos isleos en que se aprovechan los materiales para alfarería. El cuaternario arcilloso travertínico, cuyo espesor llega hasta tres metros, está constituído por légamo calizo arcilloso con nódulos de caliza, encontrándose *Helix nemoralis*, *Helix sp.*, *Cyclostoma elegans*, *Cyclostoma lutetiarum*, etc. Por la preponderancia de los nódulos pasa en algunos puntos a travertínico, como en San Quintín de Mediona, donde se le llama *turó*, teniendo estructura esponjosa; en Pontons, en el arroyo de la fuente de la Gatelleta, hay un depósito que se extiende hasta el cauce de las fuentes de San Bernat, encontrándose impresiones de restos vegetales.

El cuaternario aluvial tiene un espesor medio de 1,50 metros, está compuesto de cantos rodados principalmente, presentándose más o menos empastados por légamo travertínico, y forma conglomerados de los que se encuentran algunos reducidos isleos en las márgenes de la riera de Riudevitlles, observándose muy bien en el puente sobre ella, que une la Iglesia con el pueblo de Mediona; la misma formación se halla en la riera de Pontons (4).

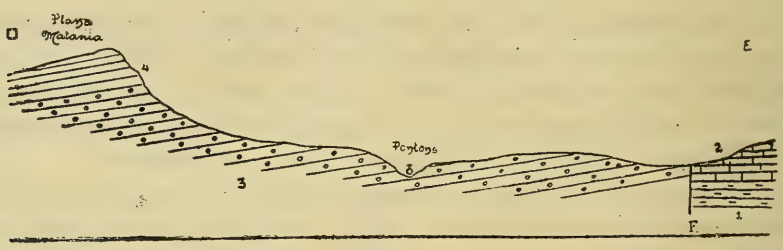
Terciario

Eocénico inferior (Facies marina) Ipresiense

Está formado por caliza con *Alveolina*, teniendo un espesor de 3 a 20 metros; estas calizas descansan sobre el eocénico inferior (facies lacustre)

en M. Fontena, c. Xamanet al NW. de Pontons, en La Almunia, Clot de Llop, S. Pere Sacarrera. Otras veces descansan directamente sobre el triásico superior, como se observa en la Serra de la Costa, al N. de La Llacuna; en Mas Fonoll, Soler de Roset cerca de Pontons, en la Plana Ròdona; en la casa dels Carbons, término de La Llacuna, descansan sobre las carniolas. Pasado Orpinell, hacia el W., junto a M. Feixes, las calizas de las cumbres yacen sobre los yesos y carniolas.

Estos depósitos acusan la transgresión del mar eocénico al principio de la era terciaria, como indica el doctor Almera; ocupa esta formación el N. de la sierra de S. Elías, extendiéndose por S. Pere Sacarrera hacia



1.—Corte de la Plana de Matania al Moli del Mitx (2 km., alturas libres): 1, arenisca del Vosgiense con hiladas de yeso fibroso; 2, calizas del Muschelkalk; 3, yesos y carniolas del Keuper; 4, calizas compactas del eocénico inferior.

Orpinell, pasando por encima de el Puig hasta c. Xarraminis, en donde aparece ya el nivel inferior con arcillas arenosas rojas, continuándose por la sierra de la Costa hácia la Plana de Ancosa, y descendiendo a Pontons por la Plana Matania y a S. Magí de Brufaganya (corte núm. 1). En estas últimas localidades, las calizas son sumamente compactas y podrían explotarse como material de construcción, con más ventajas que el explotado en otras localidades de la misma formación (4) (6).

Los fósiles principales de este nivel son:

Miliolites, *Alveolina*, *Cerithium cf. creniferum*, *Cerithium Almerae*, *Melania cf. Almerae*, *Potamides*, *Natica cepacea*, *Natica albanensis* y *Turritella vinculata*.

Eocénico inferior (Facies lacustre). Esparnaciense-Tenneciense?

Esta formación eocénica inferior es de origen lacustre y consta de areniscas vinosas rutilantes y margas que pasan a conglomerado poligénico, predominando siempre el color rojizo; en ellas se encuentra el *Bulimus gerundensis* Vidal y la *Paludina aspersa*, de las calizas de Rilly,

pertenecientes al tenneciense. Las capas de esta formación, muy caracterizadas por su color, se encuentran casi siempre debajo de las capas claramente eocénicas con *Alveolina*, formando un cinturón no interrumpido a su alrededor, especialmente en los límites E. y SE. en que constituye una faja desde Gerona a Tarragona, bordeando por el N. al Montseny y Vallés, y por el W. el Panadés. Descansa ya sobre el granito, ya sobre el silúrico, triásico, en estratificación discordante, al contrario de lo que se verifica respecto del eocénico de facies de marina, lo que prueba la íntima relación que tiene con esta formación y la independencia con las primarias y secundarias, y hasta con el cretácico superior (Daniense), con el que se había confundido, constando como tal en las hojas del Mapa Geológico de España, representado por una faja estrecha que, comenzando más arriba de Amer, desciende hasta Montblanch.

En la región estudiada, el esparnaciense-tenneciense está integrado por arcillas arenosas rojas con hiladas de yeso: tiene más de 180 metros de espesor. Se extiende por debajo de la formación anterior al W. y NW. de Pontons, como se observa en el camino de S. Magí de Brufaganya en c. Jan Soler de la Plana de Matania; lo mismo ocurre en un pequeño afloramiento que hay cerca de c. Solanas en la base de la sierra dels Esgabellats. El Sot de Miralles, por el que se desliza la riera de Carme, pertenece todo a esta formación, su orientación es E-W, buzando unos 25° al N. Reaparece en S. Pere Sacarrera, continuándose hacia Capellades, como se ve en Las Alsinetas y en el km. 12 de la carretera del citado pueblo. Esta formación es prolongación de las capas superpuestas a las del *Bulimus gerundensis* Vidal, de la parte izquierda del Llobregat, siguiéndose por el NE. hacia el Bruch.

Secundario

Las formaciones secundarias que integran esta región forman parte de la faja que viene del extremo S. de la provincia de Tarragona, atraviesa la provincia de Barcelona y empalma por el N. con otra faja que se dirige de E-W., bordeando los Pirineos. El mar triásico invadió casi toda Cataluña, y hoy sólo se encuentran algunos afloramientos aislados de los terrenos por él depositados, debido o a que han sido recubiertos por las formaciones modernas o han sido destruídos por la denudación. Se encuentran representados todos los pisos de este período, teniendo en casi todas partes la misma composición. En la base, consta de potentes bancos de conglomerados, caracterizados por estar formados, en su mayor parte, por

granos y cantos de cuarzo rodados, de tamaño medio, trabados por un cemento arcilloso rojo. Siguen después las areniscas micáceas rojas, que algunas veces se presentan con un color amarillento, en placas delgadas y con impresiones de fucoides. Estas areniscas, con su mica y color rojizo, tienen un aspecto particular, que no presenta ninguna otra formación. En el nivel medio vienen las calizas de color ceniciento o amarillo característico, y finalmente, las margas arcillosas de aspecto pizarroso, fáciles de reconocer, porque son ordinariamente rojas o irisadas, a las que acompañan calizas amarillentas, que pasan a dolomias, y que adquieren gran potencia.

Keuper

Está formado por calizas dolomiticas de estructura tabular, calizas llamadas carniolas, margas irisadas y depósitos de yeso de variado espesor y extensión. En el sinclinal formado por las calizas tabulares con *Natica gregarea* se encuentran potentes depósitos de yeso; en La Llacuna, la sedimentación de las aguas selenitosas de la Font dels Horts ha llegado a constituir un puente natural; en el Plano Vell sobre las Vilatas, se encuentran las calizas y carniolas muy revueltas formando un pliegue roto, encima del cual viene el eocénico. Junto a c. Xixella aparecen los yesos, que son rojos, y a continuación las margas irisadas, cuya orientación es NE-SW., muy próximas a la vertical; saliendo de San Juan de Conillas hacia Capellades, la carretera bordea una potente formación de yesos entre los km. 3 y 4, a la que siguen las carniolas en los km. 1, 2, 3, en c. Girolas, c. Concas y S. Pere Sacarrera. En el camino de Orpinell, pasado Puigcaní, vuelven a encontrarse los yesos y carniolas, que aparecen cerca de Mediona; en la vertiente SE. de Puigfret se observa lo mismo. El Puig de la Espinagosa, que circunda la carretera de La Llacuna, es probablemente la localidad en que mayor potencia tienen los yesos. Saliendo de Pontons, hacia Mas Fonoll, van encontrándose las carniolas hasta c. Marsal que aparecen los yesos, continuándose por la vertiente N.; hacia Montagut encuéntranse calizas y carniolas, siendo muy escasos los yesos, y, en general, la estratificación no está tan revuelta como en La Llacuna y Mediona. En c. Solanas vuelven a salir los yesos, que se continúan hasta Els Carbons; las margas aparecen en Pontons, cerca de c. Llupet, en La Llacuna, al pie del Castell de Mager, en c. Xixella y en algunos otros puntos.

Los yacimientos fosiliferos del Keuper de esta región, han sido es-

tudiados por el doctor Almera, quien confió la clasificación de los mismos al especialista doctor Wurm, que ha reconocido las siguientes especies:

Yacimiento de Mas Fonoll (Pontons):

Anoplophora?, *Pseudocorbula*, *Turbonilla?*, *Euchrysalis*, *Nologyra* cf. *laevissima* Kittl., *Pacten discites* Dr., *Myophoria vestita* Alb. y *Gervilia substriata* Cred., *Natica gregarea* Schol., *Cassianella decusata* Münst., *Pecten?*, *Anodontophora.*, *Cryptonerita.* y *Trypanostylus.*

Yacimiento de La Llacuna:

Bairdia, *Avicula Bronni* var, *Avicula* sp., *Natica gregaria* Schol.

Con ocasión del descubrimiento de este nivel en la región de La Llacuna describió el doctor Almera los elementos que lo integran, del que transcribimos algunos de los datos. El macizo está en gran parte integrado por los depósitos triásicos, ocupando una superficie triangular de unos 160 km., con un espesor, en algún sitio, de más de 450 metros, constituyendo los montes de Mediona, Fontrubi, Foix y Pontons, de Montagut más hacia el W. y los de La Llacuna y S. Magí de Brufaganya, hacia el NW. En esta mole no aparece en la superficie o a la vista, el piso inferior o de la arenisca abigarrada, y en gran parte de ella, hasta el medio o Muschelkalk ha venido a quedar cubierto por las formaciones posteriores, apareciendo, por tanto, extraordinariamente el piso superior, o Keuper.

Atravesando dicha mole de S. a N. o siguiendo el cauce del río Foix, en su parte alta, se encuentra:

1.° Aluvión pontiense del Panadés, constituído por margas, arenas, arcillas y cantos rodados.

2.° Calizas tabulares, más o menos dolomíticas, enderezadas hasta rebasar la vertical, constituyendo el abrupto peñón de Foix, que deben atribuirse al piso medio o Muschelkalk.

3.° Capas arcillosas rojizas varioladas, yesíferas, con intercalaciones de lajas calizas con *Myophoria Goldfussi* Münst var., *M. vulgaris* Schl. var., *Myoconcha* sp., *Lingula* cf. *tenuissima* Bronn.

4.° Calizas de fucoifes, compactas y marmóreas, de tono gris, en bancos ya casi destrozados. Psammita roja, que descansa en concordancia de estratificación encima de las calizas precedentes.

5.° Calizas tabulares que pasan en varios puntos y niveles a dolomia con buzamiento hacia el N., las cuales constituyen el nivel más alto de la sierra de Fontrubi a Mediona.

6.° Margas y arcillas yesíferas con carniolas que forman la tossa o

tossal d'en Gargori y el nivel más elevado del sistema entre Fontrubi y La Llacuna. Estas descansan encima de las calizas tubulares anteriores, que a causa de formar un ancho pliegue sinclinal, vuelven a aparecer constituyendo la sierra llamada del alto de La Llacuna. En estas calizas, que atraviesa la carretera de Vilafranca a La Llacuna, entre los km. 25 y 26, se encuenta otra formación fosilífera con *Natica gregarea, Chemnitzia* sp., *Avicula* cf. *Bronni,* etc.

Este nivel fosilífero se extiende por todo el valle de San Juan de Mediona, llegando más allá de S. Pere Sacarrera, por el extremo E., y hasta el caserío de Orpinell por el lado NW, acompañándolas las carniolas, si bien es probable que las de este sitio correspondan a un nivel más elevado de la misma formación, paralelo de los del caserío de Rofas y Fontfregona del N. de La Llacuna, que ocupa evidentemente una posición estratigráfica más alta que las anteriores.

En el valle de S. Magí de Brufaganya, o sea a unos 10 kilómetros hacia el NW. de La Llacuna, se encuentra, junto a c. Rocamora, las calizas tabulares con *Natica gregaria,* buzando fuertemente (30°) hacia el NW. Sostienen en este punto las arcillas y carniolas yesíferas, mientras que en el lado opuesto están cubiertas por una serie de bancos más o menos tabulares de calizas blanquecinas granugientas o dolomíticas de dureza desigual, que constituyen el monte Puig de las Creus, coronadas a su vez por la caliza nummulítica de alveolinas *(Alveolina ovoidea)* Lamk. En estas calizas dolomíticas, cerca del cruce del camino que viene de c. Nofre con el de c. Rocamora, se encuentra otra fauna litoral, constituída por especies más afines a las de Saint Cassien del Tirol. Esta misma fauna, más rica, más variada y mejor conservada, se ha descubierto junto al Mas Fonoll de Pontons, o sea a unos 10 km. al SE. de S. Magí, en los altos triásicos del S. de aquel pueblo. Mr. Bergerón, que en compañía de Meunier-Chalmas la estudiaron y compararon con los ejemplares de la Sorbona, reconociendo:

Cassianella aff. *decussata, Cassianella* aff. *planidorsata, Natica gregarea* var., *Chemnitzia* sp. *Pecten* sp. muy común y *Modiola.*

Posteriormente fué estudiada esta fauna por el doctor Wumm, como hemos indicado antes, quien ha reconocido en el yacimiento de Foix los géneros:

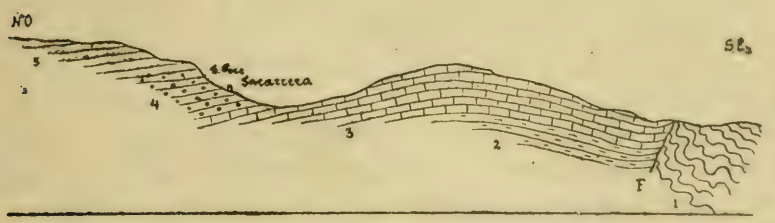
Terebratula?, Lingula, Pseudocorbula?, Gervillia Myophoria?, Myophoria vestita Alb., *Myophoria Goldfussi* Alb., *Cryptonerita? Natica gregarea* Schol y varias formas de broizoos que restan por estudiar y que han sido remitidos al especialista F. Canu de Versailles (4-6).

Muschelkalk

Está caracterizado por la caliza compacta de un color azul oscuro; el único elemento paleontológico encontrado en esta región son los *Fucoides*. Integra las cumbres de la sierra de San Elías, cuyas calizas están orientadas de E. a W. buzando 19° N. junto a la Font del Bosch; siguen luego por el Plá de la Atalaya, sierra de Bolet, Abayá, Fontrubi por encima del Molí del Mitx en el camino viejo de Pontons hacia Mas Fonoll y Valdossera y Montagut. Estas mismas calizas con fucoides integran la cadena que del Coll de La Llacuna van por la sierra de Rocamur al Puigfret y a Masbajes (3).

Vosgiense

En esta región está formado por una psamita roja que en algunos puntos es blanquecina, en general poco micácea, encontrándose sólo los depósitos con pudinga, cerca de San Quintín de Mediona. Manifiéstase su pre-



2.—Corte de la sierra de S. Elías a S. Pere Sacarrera (3 km., alturas libres): 1, pizarras del Gotlandiense; 2, arenisca roja del Vosgiense; 3, calizas del Muschelkalk; 4, yesos y carniolas del Keuper; 5, calizas tabulares del eocénico inferior.

sencia en los puntos que los empujes orogénicos han dislocado la región y en los valles más profundos; aparece junto a la Font del Bosch (corte n.°2); atravesando por la riera de Riudevitlles hay otro manchón discordante con el Muschelkalk en c. Ubach, que se continúa hacia la iglesia vieja de Mediona. En Pontons aparece al pie de la ermita de San Juan, en la que hay una falla, extendiéndose por debajo de Mas Fonoll; en esta localidad hay intercaladas estrechas hiladas de yeso fibroso. En la vertiente N. de las sierras de Rocamur y Puigfret, aflora en c. Martinet, dirigiéndose hacia c. Quech; junto al molino de Puigfret reaparece y llega hasta c. Silvestre (4).

NOTAS OROGRÁFICAS Y ESTRATIGRÁFICAS

Al iniciarse en la era terciaria, la región litoral catalana estaba integrada, en el concepto orográfico, por las nacientes moles de las dos sierras actuales de la provincia: montes de Vendrell, Clariana, Canyellas, Montgros, Garraf-Ordal, Santa Creu de Olorde, Tibidabo, Montcada, Puigcastellar, La Conreria, San Mateu, Montcabré-Burriach, Sellechs, sierra de Alfar, Montalt, Montnegre y Orsavinyá en la región costera; Montmell, Marmellá, Castellví de la Marca, Foix, Fontrubi, San Pere Sacarrera, Cabrera de Igualada, Bruch, Collbató, San Pere Sacama, Puig de la Creu, Farell de Caldas, Puig del Ocata, Montseny y Las Guillerias en la región interior, las cuales hallábanse unidas formando un macizo o todo único. Este macizo, limitado actualmente por el Mediterráneo, continuaba en la dirección S. y SW. hasta alcanzar la región de las Baleares, los montes Mauros y Esterel en la Provenza, llegando hasta las islas de Córcega y Cerdeña, que constituían un país unido a la Península, integrado por sierras y montañas de relieve superior al de los picos más elevados de nuestros contornos. El Mediterráneo estaba reducido a un perímetro más limitado, y su litoral más echado hacia el S. y SW., sin dejar de tener la dirección SW. a NE. que tuvo desde un principio y aun conserva. Así se mantuvo todo, sin alteración sísmica notable, durante las primeras épocas del período supracretácico; pero en las últimas del mismo, caracterizadas por la regresión de los mares de los continentes, y de Europa en particular, sobrevinieron en nuestra comarca movimientos de de descenso bastante acentuados, preludio del despertamiento próximo de la actividad sísmica, adormecida en las épocas anteriores. Al iniciarse la era terciaria, empiezan en la Península las dislocaciones que cambiaron por completo su geografía. Estos movimientos trajeron consigo la formación de depresiones, invadidas más tarde por las aguas dulces continentales y convertidas en extensos lagos, alimentados por corrientes fluviales, más o menos caudalosas, que arrastraban a los mismos elementos locales de todas clases y de variadas dimensiones. Tales son los que integran el tramo de agua dulce de tinte rojizo con grandes *Bulimus*, perteneciente al eocénico inferior, como anteriormente hemos descrito. Por efecto de una nueva contracción de la corteza, la bóveda herciniana, que integraba por sus dos ramas N. y S. a nuestro país y a la región Balear, respectivamente, experimentó un hundimiento en ésta y en la parte interior de

aquél, y, en consecuencia, las aguas del mar nummulítico se precipitaron en una y en otra.

En nuestra provincia fueron invadiendo poco a poco dicha región interior y avanzando de N. a S., hasta encontrarse con la barrera de la bóveda herciniana de la cadena litoral o costera que le sirve de límite por el lado S. Al fin, dichas aguas se extendieron considerablemente hacia el NW., N. y E.; por el NW. hasta alcanzar la cuenca alta del Ebro, donde las limitaba la meseta; por el N. se unían con las del Océano, y por el E. se extendían a través de lo que hoy son Pirineos y Alpes, hasta reunirse con las del Thetis o antiguo Mediterráneo. En la región catalana, lejos de estar limitada en la parte del S. y del SE. por el mar, como sucede actualmente, continuaba con sus relieves y alturas, más o menos considerables, hasta las cercanías de las Baleares, las cuales estaban, a la sazón, sumergidas en el mismo mar, que tenía invadidas las regiones interiores del Principado, según atestiguan la simultánea existencia, en ambas localidades, de las mismas especies de peces, moluscos y foraminíferos de sus estratos.

Al finalizar el período eocénico, como arreciara la presión tangencial de S. a N., debida al empuje horizontal que recibía nuestra región procedente del continente africano, y a la resistencia que le oponía la meseta central francesa, y por efecto de ella experimentara un alzamiento el horts catalano balear, las tierras que integran el grupo de las Baleares quedaron de nuevo sobre las aguas marinas y unidas al continente durante el período oligocénico, y el mar nummulítico de ambas localidades quedó cegado para ceder su sitio a lagos extensos y variados (6).

La región triásica de La Llacuna está integrada por dos anticlinales y un sinclinal generales: el anticlinal inferior viene desde Montagut por Mas Fonoll, siguiendo por las sierras de Foix, Fontrubi, Atalaya, San Elías, empalmando con las formaciones que, por las estribaciones meridionales de Montserrat, se continúan hasta el pie del Montseny. Este anticlinal, en su vertiente S., bordea la formación miocénica, discordando con ella; cerca de San Quintín de Mediona está recubierto por un pequeño manchón del jurásico superior, integrado por los pisos Purbeckiense y Portlandiense en las inmediaciones del c. Pareras; más al NE., las pizarras paleozoicas del silúrico superior (Gotlandiense) están adosadas al mismo por una falla; hacia el extremo N., la formación descansa sobre el granito, reduciéndose a trechos a pequeños isleos, como en San Feliú de Codinas.

El otro anticlinal general manifiéstase al pie de la Plana de Ancosa, siguiendo por la sierra de La Llacuna, Rocamur, Puigfret. Ambos anticli-

nales siguen la orientación NE.-SW. presentando algunas inflexiones, y, en general, son paralelos. Restos de otro anticlinal menor están manifiestos en la sierra que va desde c. Fadri hacia Capellades; es también paralelo a los anteriores.

Entre el primer y segundo anticlinal hay el sinclinal que va desde Els Carbons, por el Puig de l'Espinagosa a San Juan de Mediona, quedando cerrado en ambos extremos por la formación eocénica inferior. En este sinclinal es donde la formación de los yesos y margas irisadas adquiere la mayor potencia, presentándose en él los afloramientos de bauxita.

A más de estos pliegues generales, existen otros parciales, frecuentemente normales a los anteriores, como se observa en las Vilatas, al pie de la sierra de la Costa, cerca del pueblo de Mediona; en c. Silvestre, al pie del Puigfret; en c. Ubach, en el camino que va a la iglesia vieja de Mediona, etc.

En cuanto a la geodinámica—dice el doctor Almera—, después del período triásico en que el mar cubría toda esta región, empezaron los movimientos de la emersión, que persistió durante los períodos liásicos y casi todo el jurásico, pues sólo al final de este período vino un hundimiento que favoreció la invasión del mar del período infracretácico, según acusa el depósito que hay junto a c. Pararas, cuyos fósiles manifiestan la existencia de dos niveles bien distintos.

Portlandiense con: *Cerithium* sp,, *Potamides, Pinna*, *Matheronia, Terabratula* y algunos políperos indeterminables.

Purbeckiense (Wealdiense): *Vermetus, Melania*, *Valvata cf. cristata* Müll, *Ampullina, Astarte*, *Cardium, Unicardium, Cyrena (Corbicula), Mactra?*, *Corbula?*, *Lucina, Gresslya*, *Pholadomy :, Cipricardium* y foraminíferos que no se han podido determinar.

Al final de este período, un nuevo juego dinámico de la corteza produjo la emersión del país, que continuó durante el cretácico superior y el eocénico, a lo menos en la región meridional y central, pues en la región septentrional (Garraf y Panadés), el mar, al principio de este último período, traspasó los límites del lacustre hasta cubrir parte del trías del S. de Pontons, Miralles y N. de San Pere Sacarrera. Durante este tiempo, las corrientes acuáticas llevaban la dirección N. a S., o sea hacia el mar numulítico, que ocupaba la actual región pirenaica y subpirenaica; este régimen hidrológico terminó con el hundimiento de la zona Penite-Vallesica, producido por el juego de la falla miocénica, y se inició el actual régimen, totalmente inverso, o sea de N. a S., a cuyo fenómeno sísmico acompañaron: primero, la ocupación por el agua dulce, y luego la nueva invasión del mar en la comarca hundida, y la ruptura y desmembraciones que se no-

tan en las calizas nummulíticas primeramente depositadas. Este brazo de mar miocénico, vino más tarde a ser cegado por los aluviones pontienses que bajaban de la mole triásica, que le limitaba por este lado N., siendo de creer que guardarían, por tanto, los estratos una inclinación más o menos acentuada hacia el S.; pero como actualmente buzan fuertemente hacia el N., dedúcese que al principio del Pliocénico ocurrió otro movimiento en el que entraron de nuevo en acción las extensas fallas del borde N. del Panadés, del que resultó el buzamiento actual de las capas (6) (4).

DESCRIPCION DE LOS YACIMIENTOS PRINCIPALES

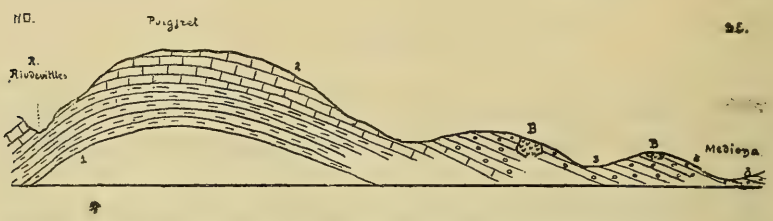
Montori

Toma nombre el afloramiento de la casa de este nombre que se ha tomado como punto de partida de la demarcación minera. Se encuentra situado a 640 metros sobre el nivel del mar, en una de las estribaciones de la sierra de Rocamur, que forma parte del anticlinal general, que desde La Llacuna se dirige a Orpinell; aflora en la vertiente S, mirando a c. Pardo: las manifestaciones externas indican una superficie de unos 500 metros cuadrados; el yacimiento se halla enclavado en el sinclinal que se extiende desde Els Carbons a San Juan de Mediona, encontrándose entre las carniolas. En la vertiente N., pasado el M. Soler, en la dirección de c. Rous reaparecen las bauxitas en un reducido isleo situado a unos 700 metros de la casa de Montori; la superficie de este isleo no es posible apreciarla por estar recubierto por variados detritus de calizas que integran la cumbre. Los ejemplares encontrados difieren mucho de los hallados en Montori, asemejándose más a los del Puig; sobre el afloramiento se encuentran las calizas dolomíticas, y en la base, las carniolas. La bauxita del yacimiento de Montori presenta variadas facies: la hay compuesta por una pasta blanquecina con numerosas pisolitas ferríferas dispersas, otras veces presenta poquísimas pisolitas blanquecinas, pasta algo teñida de rojo, siendo sumamente compacta; a veces consta de una pasta muy blanca con escasas y diminutas pisolitas, es áspera al tacto y algo pulverulenta, llegándose a rayar con la uña; esta variedad es la que más se parece a la de Brignoles. El tamaño común de las pisolitas es de unos 6 milímetros de diámetro, teniendo incluídas otras en su interior que destacan por su entonación rojiza más intensa, frecuentemente son angulosas, dando a la roca el aspecto de un conglomerado brechiforme. Este yacimiento

está en comunicación con San Juan de Mediona por un buen camino vecinal, distando unos 4 kilómetros de la carretera provincial. En él no ha sido posible apreciar la estratificación. No bien descubierto, se extrajeron unas 20 toneladas, sólo de los detritus de los muros de los viñedos, que ha utilizado la Sociedad de automóviles La Hispano-Suiza, de Barcelona.

Puigfret

Encuéntrase en la falda S. del Puigfret, a unos 510 metros sobre e mar, quedando en el fondo del sinclinal, que pasa por el yacimiento de Montori. La estructura geológica (corte núm. 3) del macizo de que toma



3.—Corte del Puigfret a Mediona (4 km., alturas libres): 1, areniscas del Vosgiense; 2, calizas del Muschelkalk: 3, yesos y carniolas del Keuper; B, bauxita.

nombre es muy variada: en la vertiente N. aparecen, en la base, las areniscas del triásico inferior, que llegan hasta casi la cumbre, en tanto que hacia el SW rebasan la cumbre, como se ve en el camino que conduce a c. Mánegas. Concordante con el mismo hay las calizas del Muschelkalk que integran la cumbre; en la vertiente S. sólo se halla una faja de yesos que cruza el camino, quedando reducido el valle a las carniolas. La superficie visible de este afloramiento es más reducida que el de Montori; con todo, su extensión debe ser muy grande; pues se encuentra un reducido manto de mineral en un pequeño montículo, que dista de este afloramiento unos 250 metros. La bauxita es sumamente blanca, sin pisolitas, conteniendo solamente algunas granulaciones ferríferas apenas perceptibles, su fractura recuerda la concóidea; es muy semejante a la bauxita de Montori, que se halla a unos 2 kilómetros. El mineral es idéntico, exteriormente, al de Brignoles y c. Bédarieux, de Chateau-Lévas (Herault).

El Puig

Hállase entre el torrente de la Tornera y el del Puig, a unos 200 metros de las casas en ruinas del Puig; el afloramiento corona un pequeño

montículo adosado al macizo anticlinal, que se extiende de Miralles a Mas Feixas (corte núm. 4). Encuéntrase a unos 610 metros sobre el nivel del mar, en el término de La Llacuna; el diámetro de extensión superficial es de unos 20 metros, que se aprecia claramente en el torrente que bordea la vertiente W. La estratificación es casi horizontal, teniendo en la base las carniolas; el manto que recubre la cumbre es de calizas algo dolomíticas. El mineral es muy ferrífero, con pisolitas de 6 milímetros de diámetro por término medio, siendo la pasta toda teñida de rojo por influencia del hierro; en general, se disgrega con mucha facilidad; se halla orientado este

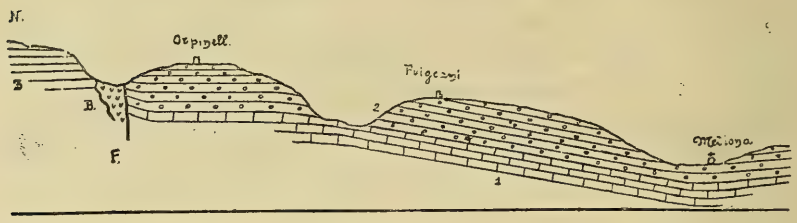
4.—Corte del Puig al pie del Puigfret (3 km., alturas libres): 1, areniscas del Vosgiense; 2, calizas del Muschelkalk; 3, carniolas y calizas en la cumbre: 4, calizas del eocénico inferior; B, bauxita.

yacimiento, con relación al de Puigfret, de NW. a SE. El mineral se parece mucho al de la montaña de Pradieres (Foix), que pertenece al aptiense, al de Masanges (Provenza), y al de Georgia (Estados Unidos).

Orpinell

Este yacimiento es el más oriental de los hasta ahora descubiertos en el contacto mismo de la formación eocénica: se encuentra a media hora de la c. de Orpinell y del M. Bolet; su altura sobre el mar es de unos 540 metros. Se halla en el extremo del anticlinal de la sierra de Rocamur y Puigfret; las carniolas y yesos tienen en esta región un desarrollo extraordinario (100 metros); no lejos de esta formación, hacia el E., viene ya el eocénico inferior, que se extiende hacia Capellades (corte núm. 5). La estructura a manera de pisolitas, manifiéstase por unas granulaciones amarillento-blanquecinas de igual naturaleza que la masa mineral: las pisolitas y oolitas ferruginosas son de todas dimensiones, desde 4 milímetros, que es la dominante, hasta 8 centímetros, y en distintas proporciones, lo que motivó que años atrás se intentara extraer el hierro. No es constante

una forma tipo del mineral; existen nódulos en que la masa es, al parecer, bauxita pura, apenas sin hierro; sin embargo, la impurifican los carbonatos. Por la trinchera abierta se puede apreciar cómo se encuentra la bau-



5.—Corte de Orpinell a Mediona (4 km., alturas libres): 1, calizas del Muschelkalk; 2, yesos y carniolas del Keuper; 3, calizas del eocénico inferior; B, bauxita.

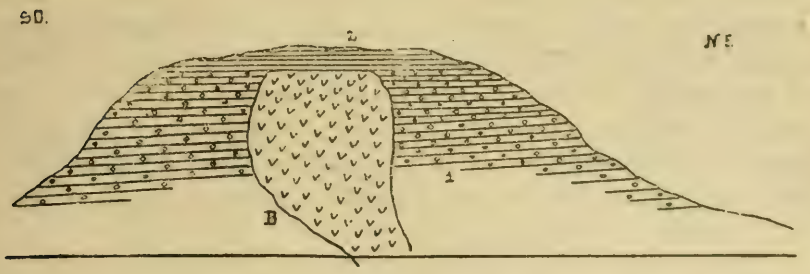
xita enclavada entre las carniolas y dolomias del keuper, sumamente cuarteadas en la dirección de una falla del terreno, y su reducción mineral es sumamente variada e irregular desde la más blanca hasta la rojiza y violácea, con y sin pisolitas, habiendo de todas las variedades.

Els Casals

Han sido los primeros que se descubrieron y demarcaron; comprenden dos afloramientos, el uno se encuentra casi al pie del camino que va de Mediona a La Llacuna, por Rofas, y el segundo, en el fondo del Llop a 650 metros sobre el nivel del mar. El primero aflora en la vertiente S., el segundo en la vertiente E., a unos 620 metros sobre el mar. En la parte E. del primer yacimiento se encuentra una zona en que se nota muy bien la reducción minera por efecto de la presión y frote; el mineral presenta aparentemente disposición filoniana (cortes números 6 y 7); en su base se encuentran las carniolas de un subido color rojo que destaca muy de lejos, no se aprecia orientación; pero, en la parte E. parecen buzar suavemente hacia el E.; la cumbre está recubierta por unas calizas tabulares horizontales pertenecientes a la formación eocénica inferior.

La superficie del afloramiento es menor que la del afloramiento de Puigfret y Montori; el mineral se presenta ordinariamente en forma de una pasta rojiza con numerosísimos nódulos, algunos de menos de medio milímetro de radio, los mayores llegan a tener más de 2 centímetros de diámetro; éstos, en general, son angulosos formando una brecha; muchos,

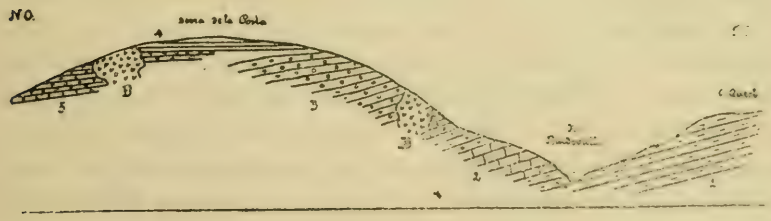
de formas irregulares. En una sección de un ejemplar de este afloramiento se observan las diferentes capas de los nódulos; las exteriores se presentan más oscuras, debido, probablemente, a la acción de la atmósfera;



6.—Corte de la formación de bauxita de la mina «Diana» de Els Casals, según el doctor M. Faura: 1, carniolas cuya estratificación no es del todo manifiesta; 2, calizas tabulares del eocénico inferior; B, depósito de bauxita con apariencia filoniana, estrangulado hacia su base.

presentan también la particularidad que algunos de ellos tienen en su interior otros nódulos más pequeños, ya redondeados, ya angulosos, formando un todo compacto. De este yacimiento, adquirido por la casa Cucurny de Barcelona, se han extraído ya más de 1.000 toneladas; por las labores practicadas, parece que las reservas explotables van agotándose.

El yacimiento que aflora en el fondo del Llop es, sin duda, el más importante, después del de Montori, de todos los que hemos visto; forma una



7.—Corte de Miralles a la sierra de Rocamur (5 km., alturas libres): 1, arenisca roja de Vosgiense; 2, calizas del Muschelkalk; 3, yesos y carniolas del Keuper; 4, calizas del eocénico inferior; 5, areniscas rojas del eocénico inferior; B, bauxita.

potente masa rocosa de más de 100 metros de longitud por unos 50 de ancho. El mineral presenta el mismo aspecto que en el yacimiento anterior. Siguiendo el camino que va de La Llacuna a c. Xixella, un poco apartado y casi al mismo nivel del camino, vuelve a aflorar la bauxita, teniendo el

mineral un aspecto más blanquecino; los nódulos pequeños son del mismo tamaño de los del primer yacimiento; pero, los mayores son más numerosos, de menor tamaño, algunos, angulosos con inclusiones de otros nódulos.

En esta misma mole, hacia el W. del afloramiento del Casals, se halla otro yacimiento próximo a San Antoni de las Vilatas; el mineral carece de pisolitas, y toda su masa se presenta teñida por sesquióxido de hierro, con una tonalidad violácea, tiene brillo algo lustroso, y su fractura recuerda la concóidea, siendo muy compacto. El doctor Faura cree que el mineral, mejor que bauxita, por su gran cantidad de sílice, 64 por 100, podría ser considerado como una reducción, por presión, de las arcillas.

Mediona

A menos de un kilómetro al W. del pueblo de Mediona se encuentra otro afloramiento en la viña de Jorro; los ejemplares recogidos se reducen, en la parte que aflora el mineral, a una carniola cuyas oquedades están rellenas de nódulos de limonita, que llegan hasta dos centímetros de diámetro. Las tierras de labor, y los detritus que rellenan el valle, impiden apreciar la potencia y continuidad de esta formación, que ya había sido demarcada en años anteriores como de hierro, aunque dejando fuera toda la zona del mineral, no llegándose a explotar.

El siguiente cuadro indica las numerosas demarcaciones mineras que que se han verificado hasta octubre del año 1918. Como dato histórico y curioso anotamos el que en el año 1913, anterior al pretendido descubrimiento de la bauxita en la región catalana, fué demarcada una mina de hierro (todas las minas de bauxita llevan esta denominación) con el nombre de *Boccita,* de 125 pertenencias, sita en el paraje Montón (próximo a Montori) del término de Mediona, sin que se haya llegado a titular.

Los datos que transcribimos nos los ha proporcionado el laborioso ingeniero de Minas del distrito de Barcelona don Narciso de Mir, a quien desde estas líneas le manifestamos nuestro agradecimiento por su deferencia con nosotros.

MINAS DEMARCADAS EN LA REGIÓN, DE BAUXITA

Número y nombre de la mina	Pertenencias	Término	Paraje
2.060.—Margarita.....	9	La Llacuna.....	Clot del Llop.
2.076.—Quevedo.....	21	Idem.....	Idem y otros.
2.074.—Conchita.....	10	Idem.....	Idem.
2.071.—Virginia.....	21	Idem.....	Els Casals.
2.047.—Diana.....	20	Idem.....	Idem.
2.065.—Adelaida.....	20	Sta. M.ª de Miralles....	Ubaga de Soler.
2.083.—Nuevo Carmen .	28	Idem y Bellprat.....	Sierra Tubal.
2.070.—Carmen.....	18	Idem.....	Coste de Rubí.
2.066.—Josefina.....	12	Idem.....	Bagá de Soler.
2.051.—Roca.....	24	Mediona.....	Moranta y Serrat Cuent.
2.042.—Agustina 2.ª....	38	Idem.....	Montori.
2.049.—Hortensia.....	44	Idem y Torre Claramunt.	Coll de Mata.
2.044.—Agustina 1.ª....	20	Idem.....	Montori.
2.052.—Por si acaso....	39	Idem.....	Idem.
2.043.—Nieves.....	20	Idem.....	Puigfret.
1.997.—Teresita.....	40	Idem.....	Orpinell.

ANÁLISIS DE LOS MINERALES

Los ejemplares de bauxita blanca de Orpinell, al ser tratados por los ácidos, revelan que existen granulaciones microscópicas de los restos dolomíticos entre los que está enclavado el mineral. Esta bauxita contiene:

	Gramos por ciento
Agua higrométrica	1,98
Materia atacable: carbonato de Ca. y Mg.....	7,84
Oxido de hierro.....	0,16
Materia inatacable: óxido de Al. y silicato.....	90,02

Montori

La forma característica de este yacimiento, esto es, la bauxita de pasta blanquecina con numerosas pisolitas ferríferas dispersas, da:

	Gramos por ciento
Humedad	0,35
Sílice	4,20
Oxido de aluminio	75,80
Oxido de hierro	15,80
Carbonato de calcio	1,03
Residuo diferencial	2,80
TOTAL	100,00

Otras muestras del mismo mineral de este yacimiento, apenas sin pisolitas blanquecinas y algo teñido de rojo, contienen:

	Gramos por ciento
Sílice	37,20
Oxido de aluminio	44,30
Oxido de hierro	10,20
Humedad, carbonatos y residuos diferenciales	8,30
TOTAL	100,00

Unas muestras recogidas en los muros de los viñedos de Montori, sumamente blancas, con escasas y diminutas pisolitas, dan:

	Gramos por ciento
Sílice	23,20
Oxido de aluminio	64,00
Oxido de hierro	5,10
Humedad, carbonatos y residuo diferencial	7,70
TOTAL	100,00

Puigfret

La bauxita, sumamente blanca, con escasísimas granulaciones férricas, recogida en las inmediaciones de este yacimiento, da:

	Gramos por ciento
Sílice	44,61
Oxido de aluminio	38,10
Oxido de hierro	4,50
Humedad, carbonatos y residuo diferencial	12,79
TOTAL	100,00

El Puig

Esta bauxita contiene:

	Gramos por ciento
Sílice	32,40
Oxido de aluminio	31,90
Oxido de hierro	22,30
Humedad, carbonatos y residuo diferencial	13,40
TOTAL	100,00

El mineral de las proximidades de San Antonio de las Vilatas, al NE. de La Llacuna, que carece de pisolitas, ha dado:

	Gramos por ciento
Sílice	64,24
Oxido de aluminio	20,16
Oxido de hierro	4,60
Humedad y residuo diferencial	11,00
TOTAL	100,00

La cantidad de agua que contienen las bauxitas analizadas es siempre inferior al 2 por 100; la sílice no se encuentra libre por lo común, sino combinada con el aluminio, y en ciertos casos éste se presenta parcial-

mente sustituído por el hierro. El aluminio se halla naturalmente combinado con la sílice, formando silicatos, y en algunas muestras de Montori existe una mayor proporción de óxido de aluminio, siendo las caracterizadas mineralógicamente como bauxitas; lo mismo puede decirse del mineral de Els Casals: el hierro entra, en más o menos proporción, en forma de pisolitas hematíticas, que, reducidas a óxido, oscilan entre 4,5 y 22,30 por 100.

El carbonato cálcico y el magnésico se han reconocido en algunos ejemplares, aunque en proporciones muy reducidas, formando pequeñas granulaciones interpuestas en la masa del mineral, como se observa en los ensayos químicos de las muestras de Orpinell. Las diferentes composiciones mineralógicas, y la variedad en las proporciones de los elementos integrantes que se observan en los minerales de un mismo yacimiento, hacen poco menos que imposible establecer una ley media de riqueza en las bauxitas de la región catalana.

APLICACIONES INDUSTRIALES

La principal de las aplicaciones de la bauxita es la de utilizarse para la extracción del aluminio metálico, que antes se obtenía de la criolita. Una gran parte del mineral de Arkansas es destinado a obtener este metal; lo mismo ha de decirse de los minerales franceses, siendo la metalurgia del aluminio de un extraordinario valor industrial. Según el procedimiento Bayer, la bauxita calcinada y pulverizada se mezcla con un poco de cal, y luego se trata con una disolución de sosa cáustica de 45°B, a la presión de 3-4 atmósferas, obteniéndose el aluminato sódico soluble en el agua; se filtra luego en caliente, se lava, y a la disolución limpia, convenientemente diluída, se agregan unos $^2/_3$ de hidrato de alúmina puro gelatinoso, se agita en grandes tinas durante cinco a seis días continuamente, y, después de esto, queda el aluminato sódico disociado; toda la alúmina pura formada y adicionada se separa con filtros-prensas, y queda en disolución la sosa cáustica, que luego vuelve a utilizarse. Para la fabricación del aluminio, la bauxita no debe contener más del 2 por 100 de sílice. Anteriormente, por la disolución del aluminato sódico se hacía pasar una corriente de CO_2, que precipitaba, primero, el hidrato de aluminio puro, y solo, después, precipitaba los silicatos, mientras quedaba en la disolución carbonato sódico, que se podía volver a utilizar; la escasez de sosa

cáustica impide la precipitación de la sílice. El hidrato obtenido por el procedimiento Bayer está privado de hierro y sílice, conteniendo 40 por 100 de agua, y una vez desecado, forma un polvo blanco constituído por óxido de aluminio (Al_2O_3).

La obtención de aluminio por la energía eléctrica — dice Urrutia — va adquiriendo gran importancia, siendo el único medio industrial de obtener este metal.

Cierto que en España no se han descubierto (1), aunque hay importantes indicios de su existencia, criolitas ni bauxitas, minerales que hasta hoy son los únicos tratados como primera materia; pero hay un he cho que demuestra que, sobre la base de disponer de energía eléctrica barata, cabe importar aquéllos del Mediodía de Francia, de donde se exporta a otros países, como a Noruega, para su tratamiento eléctrico; por tanto, si en España cabe producir energía eléctrica suficientemente barata, las condiciones le serán muy favorables por su proximidad a la zona de producción del mineral, y estarían muy justificados cuantos trabajos de investigación de la existencia de aquellos minerales se hiciesen en nuestro país.

De la grandísima importancia del consumo de este metal está capacitado hasta el vulgo. La producción actual es de 90.000 toneladas anuales, de las que 45.000 corresponden a los Estados Unidos de América; hay fábricas, como la establecida en las proximidades del Niágara, que absorben la potencia de 40.000 kilovatios, producidos por cinco grupos de 8.000.

En los baños electrolíticos, si así pueden llamarse, se utiliza la corriente a tensión variable de 7 a 8 voltios; excepcionalmente sube a más de 12. Para producir una tonelada de aluminio se necesitan 3 kilovatios. Es de advertir que el tratamiento electrolítico del aluminio es mixto, en cuanto a la forma de la utilización de la corriente. En el primer período actúa por temperatura, para fundir la mezcla del mineral previamente preparado con los fundentes, fluoruros de aluminio y cal, espato fluor, cloruro sódico; este último, incorporado al alquitrán o a la naftalina. Después que la masa está fundida, se produce la separación del metal por electrólisis, depositándose fundido en el fondo del baño, del que se extrae por colada u otro procedimiento análogo.

Empléase la bauxita para la obtención del alumbre, sulfato de alúmina,

---

(1) Este artículo fué publicado en la *Revista Minera* en 8-11-1917, cuando aun no se había propalado la noticia de los yacimientos de La Llacuna.

alúmina hidratada y demás sales alumínicas, que tanta aplicación tienen en la química industrial, fabricación del papel, etc...

En los Estados Unidos se destina en gran escala para la obtención de material refractario. Al ser expuestos a la acción del fuego los minerales en que abunda el óxido de hierro, se convierten en una masa sólida de esmeril con una dureza tal que no se raya por el acero, adquiriendo una constitución que resiste, sin modificarse, la acción de los agentes químicos, térmicos y mecánicos. El material refractario obtenido con la bauxita es más barato que el obtenido con la sílice o cuarzo. Los ensayos verificados sobre la fusibilidad del aluminio, bauxita y material refractario de bauxita en «United States Bureau of Standards», han enseñado que la alúmina pura no se funde a menos de 2,050° C., teniendo los ladrillos de bauxita examinados un punto de fusión inferior. Una muestra de bauxita se fundió completamente a 1820° C., y los núcleos de los nódulos a 1790°; en otros ejemplares el punto de fusión, mediante la previa calefacción durante seis horas, variaba de 1740° C. a 1745° C.; en ocho muestras de ladrillo de bauxita, el punto de fusión variaba de 1565° C. a 1785° C.

El laboreo de este mineral para la obtención de material refractario, sus ventajas e inconvenientes, ha sido estudiado por W. C. Phalen en Mineral Resources of the U. S., Part. I, n.° 1, 1913.

Empléase también la bauxita en la fabricación de caborundo, alundo, en el Niágara Falls, mediante la fusión de la bauxita calcinada en hornos eléctricos; úsase, además, en la obtención de piedras de afilar, muelas de molino y otros materiales que se emplean en el pulimento del acero.

En la fabricación del acero por el procedimiento Martin-Siemens se ha usado la bauxita, interponiéndola entre el muro de dolomia de las paredes del horno y la bóveda silícea, que daban sin ella, silicatos de cal y magnesia, que, al fundirse, deterioraban el horno. Empléase también en la fabricación del acero, barnizando interiormente los moldes en que aquél ha de verterse, consiguiendo así que el metal líquido corra suavemente y se extienda bien, sin adherirse a las paredes; utilízase, además, en la fabricación de *cofres-forts,* en los que entre la plancha de acero exterior y la interior se deja una cavidad, rellenándola con algún material refractario, ya bauxita, ya arcillas refractarias secundarias, ya piedra pómez.

Por ahora las únicas aplicaciones que se dan a las bauxitas descubiertas en Cataluña es para la fabricación de material refractario que explota la casa Cucurny, de Barcelona. Parece que también se quiere utilizar por otra casa de la misma ciudad para la elaboración de esmeriles, carborundos, piedras de afilar, etc.

GÉNESIS DE LAS BAUXITAS TRIÁSICAS DE CATALUÑA

Trátase del problema más arduo de resolver. No bien se conoció la existencia de estas formaciones en Cataluña, cuando surgieron variedad de teorías respecto a su constitución y origen. Por el bosquejo histórico que hemos trazado de los yacimientos extranjeros, claramente se deduce que el asunto no está dilucidado, habiendo teorías contrarias, siendo probable que su origen no sea idéntico en todos los yacimientos hasta ahora descubiertos en Europa y América. La única teoría que parece conforme con la explicación que sobre el origen de las formaciones catalanas ha emitido el P. Faura, es la de C. N. Hayes, es decir, el metamorfismo por la acción de la presión y de la temperatura. Tiene también algunos puntos de contacto con la hipótesis emitida por Deperet sobre las bauxitas de Saint-Chinian.

Con los datos hasta ahora adquiridos puédese sostener que las bauxitas de la región catalana son el resultado de una reducción mineral de las arcillas abigarradas del keuper por efecto de la presión en las zonas de plegamiento y en fallas transversales combinadas con los pliegues generales de la región. Esto no implica que, labores posteriores en los yacimientos ya en explotación, hagan rectificar este parecer; con todo, hay problemas que restan por resolver, como la formación de los nódulos de hierro, bauxitas brechosas, etc. En un afloramiento de bauxita que se halla a poca distancia del pueblo de Mediona hay un fenómeno que corrobora la opinión antes emitida, como es el que las carniolas existentes en contacto de la bauxita presentan señales de esta reducción mineralógica, encontrándose en sus oquedades multitud de nódulos de hierro. En varios de los yacimientos se manifiesta algún fenómeno geotectónico, como falla y aparición de los estratos inferiores subyacentes.

La hipótesis emitida por los primeros investigadores, es decir, que atribuyen a la bauxita un origen geisseriano, tiene también alguna probabilidad; pero en este caso la formación mineral no podría ser sincrónica de los depósitos del Keuper, sino muy posterior a los mismos, ya que los sedimentos son manifiestamente marinos, por lo menos los más superiores, comprobado por los restos paleontológicos en ellos recogidos; apoya esta teoría el hecho de que algunos de los afloramientos, aunque no esté del todo comprobado, están enclavados hasta en el eocénico en las no lejanas sierras de San Magi de Brufaganya; también da valor a esta hipótesis el que algún depósito de los recientemente explotados se pre-

sente en forma de un casquete, como recubriendo solamente una depresión de los depósitos triásicos que se encuentran en su interior sin el menor trastorno, pero discordantes con la masa del mineral en el que es imposible observar estratificación. Según esta hipótesis, nuestra región, en tiempos posteriores al triásico y aun al eocénico medio, habría estado atravesada por numerosas bocas de geisseres, al modo que lo está hoy el Parque Nacional de Yelloswtone en los Estados Unidos, dando cada una de estás bocas origen a un depósito de mineral.

Este fenómeno hidrotermal no sería en la región el único caso comprobado, ya que en la mole de San Magi de Brufaganya existen numerosos filones de cuarzo que atráviesan las formaciones eocénicas lacustres de la vertiente S. y las calizas marmóreas con *Alveolinas* de la facies marina de la vertiente N.; el origen hidrotermal de este cuarzo no admite dudas.

Existe además un hecho que podría dar luz sobre el origen de las bauxitas de esta región: en ella las manifestaciones eruptivas ofíticas, tan abundantes y características de este período, faltan en sus formaciones estudiadas, apareciendo solamente en las zonas más alejadas como al S. de la provincia de Tarragona y en las estribaciones pirenaicas en la provincia de Lérida; pudiera muy bien ser que en nuestra región este fenómeno eruptivo se hubiera manifestado en forma hídrica, dando origen a las bauxitas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aichino (G.).—La bauxite. *Rassegna mineraria*, vol. XV, núms. 15-18, 1901.

2. Almera (J.).—Sobre el descubrimiento de la fauna de Saint-Cassian en el Trías de nuestra provincia. *Boletín de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, págs. 2-4, 1899.

3. Almera (J.).—Caracterización del Muschelkalk en Gavá, Begas, Pallejá. *Crónica Científica*, 1891.

4. Almera (J.).—Mapa geológico de la provincia de Barcelona: región tercera o del río Foix y La Llacuna. Escala, 1/40.000. Barcelona, 1900.

5. Almera (J.).—Descripción geológica y génesis de la Plana de Vich. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, 3.ª época, volumen V, núm. 20, 1906.

6. Almera (J.).—Ensayo de una síntesis de la evolución geológica de la comarca de Barcelona. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, 3.ª época, vol. VIII, núm. 4, 1909.

7. Ashley (G. H.).—Bauxite mining in Tennessee: *Resources of Tennessee* vol. I, núm. 6, págs. 211-219, 1911.

8. Aubrey (A. J.)—The refractory uses of bauxite. *Eng. and Min. Jour.* Feb. 3, págs. 217-218, 1906.

9. Auge (M.)—Note sur la bauxite, son origen, son age et son importance geologique. *Bulletin de la Société Geologique de la France*, 3.ª serie, vol. 16, págs. 345-350, 1887.

10. Berger (W. F. B.)—Bauxíte in Arkansas. *Eng. and Min. Jour.* Apr. 14, págs. 606-607, 1904.

11. Branner (J. C.)—The bauxite deposits of Arkansas. *Jour. Geology*, vol. V, págs. 263-289, 1897.

12. Calafat (J.)—Investigaciones sobre los minerales de aluminio de España. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, tom. X, págs. 238-242, 1910.

13. Calafat (J.)—Sobre los nuevos yacimientos de bauxita en España. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, tom. XVII, páginas 415-418, 1917.

14. Calderón (S.)—Nota preliminar sobre la clasificación geológica de las arcillas y su papel en el globo. *Anales de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, tom. XXII, págs. 137-150, 1893.

15. Calderón (S.)—Sobre la existencia en España de la bauxita. *Actas de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, tom. XXIX, págs. 162-163, 1900.

16. Calderón (S.)—*Los minerales de España*, tom. I, págs. 339-340, 1910.

17. Cole (G. A. J.)—*Transactions Royal Dublin Soc.* 2 d. ser., vol. VI, pág. 105, 1896.

18. Collot (L.)—Sur la bauxite d'Ollieres. *Description geologique des environs d'Aix en Provence,* pág. 84, 1880.

19. Collot (L.)—Age des bauxites du Sud-Est de la France. *Bulletin de la Société Geologique de la France*, 3.ª serie, tom. XV, pág. 331, 1885.

20. Collot (L.)—Sur l'âge de la bauxite. *Comptes Rendus*, X-I-1887.

21. Coquand (H.)—Sur les bauxites de la chaine des Alpines. Bouches du Rhône et leur âge geologique. *Bulletin de la Société Geologique de la France*, 2.ª serie, tom. XXVIII, págs. 98-115, 1871.

22. Delkeskamp (R.)—*Zeitschr. praktic Geologie,* pág. 306, 1904.

23. Deperet (Ch.)—Sur la geologie du chainon de Saint-Chinian. *Bulletin de la Société Geologique de la France*, 3.ª serie, tom. XXVII, pág. 691, 1899.

24. Dieulafait.—Les bauxites, leurs âges, leur origine. Diffusion complete du titane et du vanadium dans les roches de la formation primordiale. *Comptes Rendus,* tom. XCIII, pág. 804, 1881.

25. Dufrenoy (A.)—*Traité de Mineralogie*, tom. II, pág. 467, 1856.

26. *Engineering and Mining Journal.* Bauxite brick: Issue for Jan. 19-1905 pág. 154.

27. Fabre.—Sur les failles et fentes a bauxite dans les environs de Mende. *Bulletin de la Société Geologique de la France*, 2.ª serie, tom. XXVIII, página 516, 1870.

28. Faura i Sans (M.)—Naturalesa, origen i etat de formació de les bauxites de la serra de La Llacuna. *Butlleti de l'Institució Catalana d'Historia Natural*, 3.ª época, any I, núm. 2, págs. 49-55, 1918.

29. Formenti (C.)—*Gazzeta Chim. Ital.*, vol. XXXII, pt. 1, pág. 453, 1902.

30. Garnier (L.)—Aluminium et le nickel. *Revue Scientifique*, 1895.

31. Gourret (P.)-Gabriel (A.)—La bauxite et les etages qui la recouvren dans le massif de Garbalan. *Comptes Rendus*, tom. CVI, págs. 1551-1553, 1889.

32. Hayes (C. W.)—Bauxite. *United States Gelogical Survey. Mineral Resources for 1893*, págs. 159-167, 1894.

33. Hayes (C. W.)—The geological relations of the southern Appalachian bauxite deposits. *Amer. Inst. Min. Eng. Trans.*, vol. XXIV, págs. 243-254, 1895.

34. Hayes (C. W.)—Bauxite occurrence, geology, origen, economic value. *Unit. Stat. Geolog. Survey. Sixteenth Ann Report*, pt. 3, págs. 547-597, 1895.

35. Hayes (C. W.)—The Arkansas bauxite deposits. *Unit. Stat. Geolog. Surv. Twenty-first Ann. Reports*, pt. 3, págs.435-472, 1901.

36. Hayes (C. W.)—Bauxite in Rome quadrangle, Georgia-Alabama. *United States Geological Survey. Geol. Atlas, Rome,* folio (núm. 78), pág. 6, 1902.

37. Hayes (C. W.)—The Gila River alum deposits. *Unit Stat. Geological Survey.* Bulletin 315, págs. 215-223, 1907.

38. Holland (T. H.)—The occurrence of bauxite in India. *Geol. Survey India Records*, vol. XXXII, pt. 2, págs. 175-184, 1905.

39. Hunt (A. E.)—Aluminium (and bauxite). *Unit. States Geol. Survey Min. Resources for 1892,* págs. 227-254, 1893.

40. Judd Edward (K.)—The bauxite industry of the South. *Eng. and Min. Jour.* Mar. 23-1907, págs. 574-575.

41. JUDD EDWARD (K.)—Bauxite. *Mineral Industry*, vol. XVI, págs. 97-102, 1902.

42. KINAHAN (G. H.)—*Trans. Manchester Geol. Soc.*, vol, XXII, página 458, 1894.

43 LAUR (F.)—*Trans Amer. Inst. Min. Eng.*, vol. XXIV, pág. 234, 1894.

44. LAUR (F.)—Les bauxites du Var et du bassin de Brignolles. *Bulletin de la Société Geologique de la France,* 4.ª serie, tom. IV, pág. 171, 1904.

45. MC CALLEY (H.)—Bauxite. The valley regions of Alabama. *Alabama Geol. Survey,* pt. 2, págs. 79-84, 1897.

46. MC CALLIE (S. W.)—Bauxite deposits of southern Georgia. *Eng. and Min. Jour.* May 27-1911. pág. 1.050.

47. MEUNIER (S.)—*Comptes Rendus,* vol. XCVI, pág. 1.737, 1883.

48. MEUNIER (S.)—Recherches sur l'origine et le mode de formation de la bauxite, du fer en grains et du gypse. *Bulletin de la Société Belgue de Geologie,* tom. II, págs. 1-9, 1888.

49. MEUNIER (S.)—Reponse a des observations de M. Auge et de M. A. de Grossouvre sur l'histoire de la bauxite et des minerais siderolitiques. *Bulletin de la Société Geologique de la France*, 3ª serie, tom. XVII, pág. 64, 1887.

50. MEAD (W. J.)—Occurrence and origin of the bauxite deposits of Arkansas. *Econ. Geology,* vol. X, núm. 1, págs. 24-54, 1915.

51. MOLINARI (H.)—*Química general y aplicada a la industria*, tom. I (Química inorgánica), pág. 809, 1904.

52. MUNSTER (H.)—Inaug. Diss. Giessen, 1905.

53 PACKARD (R. L.)—Aluminium (and bauxite). *Unit. Stat. Geolog. Survey Mineral Resources for 1891*, págs. 147-163, 1892.

54. PARMENTIER (F.)—*Comptes Rendus,* vol. CXV, pág. 125, 1892.

55. PHALEN (W. C.)—Bauxite and aluminum. *Unit. Stat. Geol. Survey Min. Resoyrces for 1909*, pt. 1, págs. 561-572, 1911.

56. PHALEN (W. C.)—*Idem for 1910*, pt. 1, págs. 711-723, 1911.

57. PHALEN (W. C.)—*Idem for 1911,* pt. 1, págs. 923-939, 1912.

58. PHALEN (W. C.)—*Idem for 1912*, pt. 1, págs. 949-962, 1913.

59. PHALEN (W. C.)—*Idem for 1913*, pt. 1, págs. 1-27, 1914.

60. PHALEN (W. C.)—*Idem for 1914*, pt. 1, págs. 183-209, 1915.

61. PHALEN (W. C.)—*Idem for 1915,* pt. 1, págs. 159-174, 1916.

62. PHILLIPS (W. B.) AND HANCOCK (D.)—The commercial analysis of bauxite. *Amaer. Chem. Soc. Jour.*, vol. XX. págs. 209-225. 1898,

63. RICHARDS (J. W.)—*Aluminum its history, occurrence, properties, metallurgy and applications, includings its alloys,* 3.ª ed., 1896.

64. RINNE (F.)—*Etude practique des roches*, París, pág. 628, 1912.

65. ROTH.—*Der Bauxit und seine Vernvendung zur Herstellung von Zement*, 1882.

66. ROULE (L.)—*Sur les gissements et l'age de la bauxite dans le Sud-Est de la France*, 1885.

67. ROUSSEL (J.)—*Note sur l'age de la bauxuite et des grès de Celles*, 1886.

68. SCHNATTERBECK (C. C.)—Aluminum and bauxite. *Unit. Stat. Geological Survey Miaeral Ressources for 1904*, págs, 185-294, 1905.

69. SPENCER (J. W.)—Bauxite (the peleozoic group). *Georgia Geol. Survey*, 1893, págs. 214-239.

70. STRENG (A.)—*Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesell.*, vol. XXXIX, pág. 621, 1887.

71. STRUTHERS (J.)—Aluminum and bauxite. *Unit. Stat. Geol. Survey Mineral Resources for 1903*, págs. 265-279, 1904.

72. SUTHERLAND (J.)—The preparation of aluminum from bauxite. *Eng. and Mining Jour.* Oct. 3-1896, págs. 320-322.

73. SZADECZKY (J.)—*Föld Közl.* Hungarian bauxite, vol. XXXV, página 247, 1905.

74, VEATCH OT.—Reporte on the bauxite deposits, Wilkinson County *Georgia Geol. Survey Bull. 18, appendix D,* págs. 430-447, 1909.

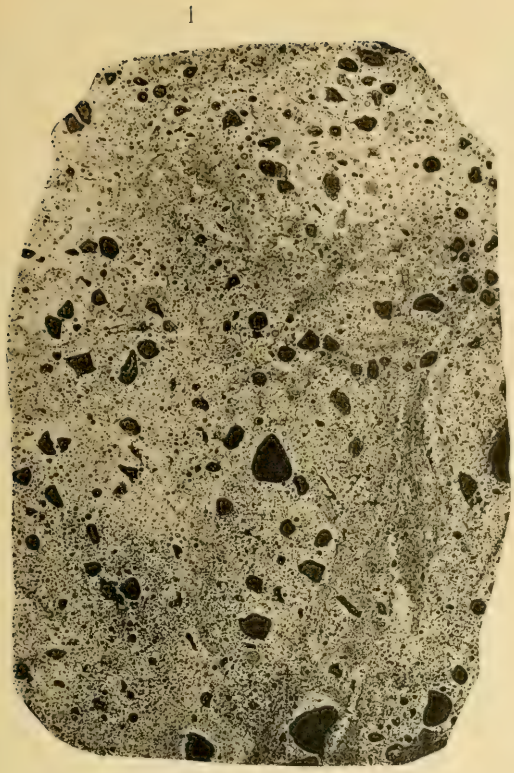
75. WATKINS (J. H.)—Occurrence of bauxite in central Georgia. *Min. and. Eng. World*, vol XLII, núm. 24. págs. 1.074-1.075, 1915.

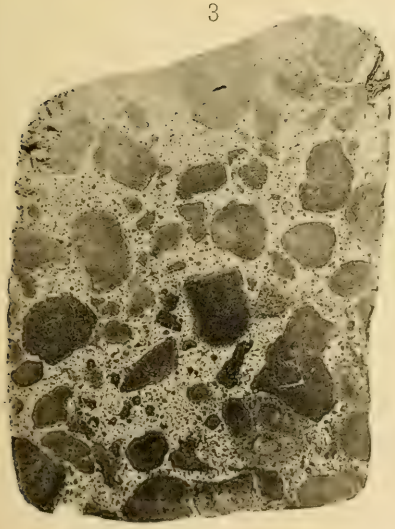
76. WATSON (T. L.)—The Georgia bauxite deposits, their chemical constituents and genesis. *Amm. Geologist.*, vol. XXVIII, págs. 25-45, 1901.

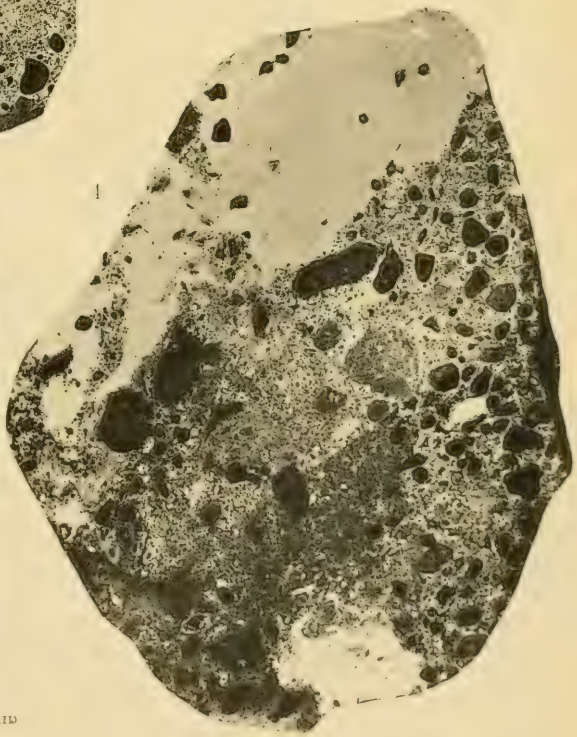
77. WIGGLESWORTH (F.)—The data of geochemistry. *Unit. Stat. Geol. Survey.* Bull. n,° 616, pág. 493, 1916.

78. WILLIAMS (J. F.)—*Anual Report Arkansas Geol. Survey*, vol. II, página 124, 1890.

79. WATSON (T. L.)—Bauxite deposits of Georgia. *Georgia Geol. Survey.* Bull. 11, 1904.

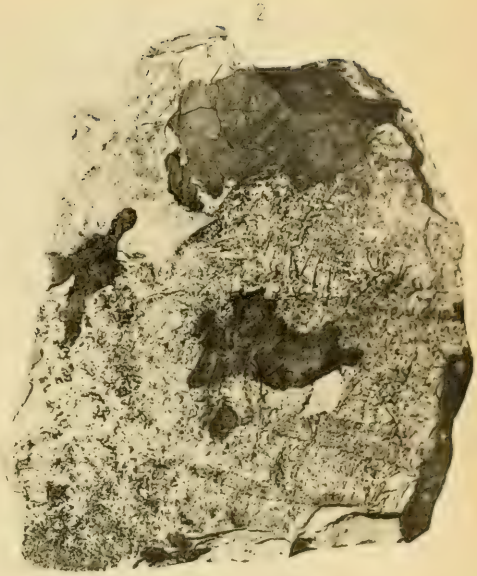


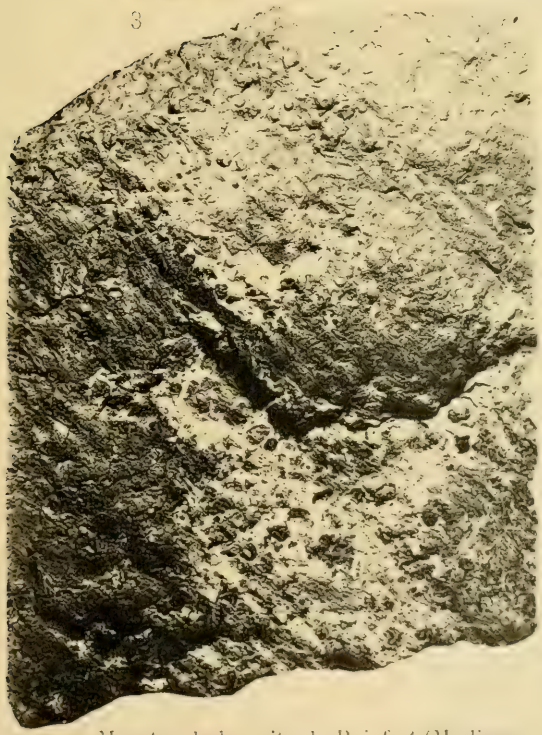




FOTOTIPIA DE HAUSER Y MENET.-MADRID

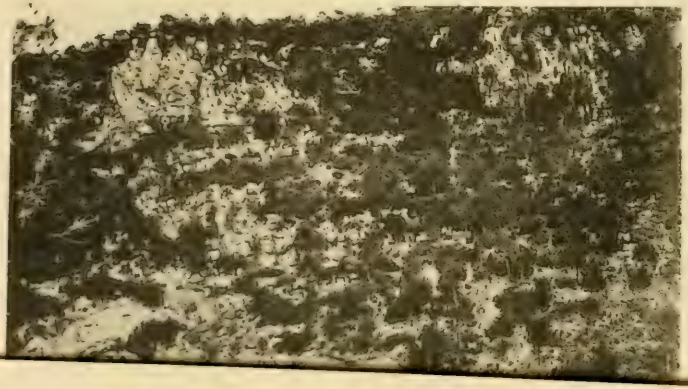
1 Muestra de Bauxita de Montori (Mediona)
2 Muestra de bauxita de Baux (Francia)
3 Muestra de Bauxita de "Els Casals" (La Llacuna)
4 Muestra de Bauxita del "Clot del Llop" (La Llacuna)





1 Muestra de bauxita de Puigfret (Medi
2 Muestra de bauxita de Orpinell (Medi
3 Muestra de Bauxita de las estribaciones pirenaicas
4 Carniola pasando a bauxita de la viña Mediona

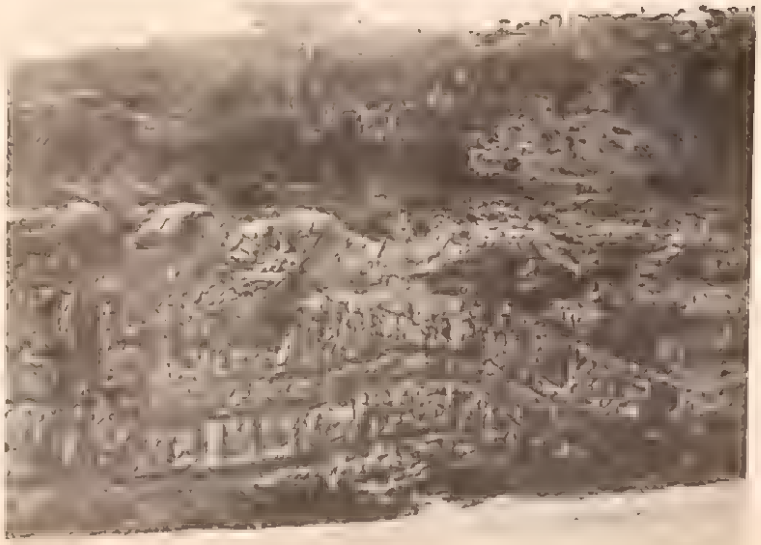
Flexión en las calizas del muschelkalk cerca de S. Juan de Mediona.



Flexión en las calizas del muschelkalk cerca de S. Juan de Mediona

Cls. Bataller

Anticlinal en que aparecen concordantes el vosgiense y el muschelkalk en S. Pere Sacarrera.



FOTOTIPIA DE HAUSER Y MENET

Pliegue-falla en las calizas del muschelkalk cerca del contacto con el paleozoico en la carretera de Capellades

Cl. Faura y Sans

Afloramiento de Montori.

Cl. Bataller

Afloramiento del Puig

Cl. Faura y Sans

FOTOTIPIA DE HAUSER Y MENET.-MADRID

Muros de los viñedos de Montori formados de bauxita

Cl. Bataller

La demarcación "Diana" (Els Casals) en explotación por la casa Cucurny.

Cl. Faura y Sans

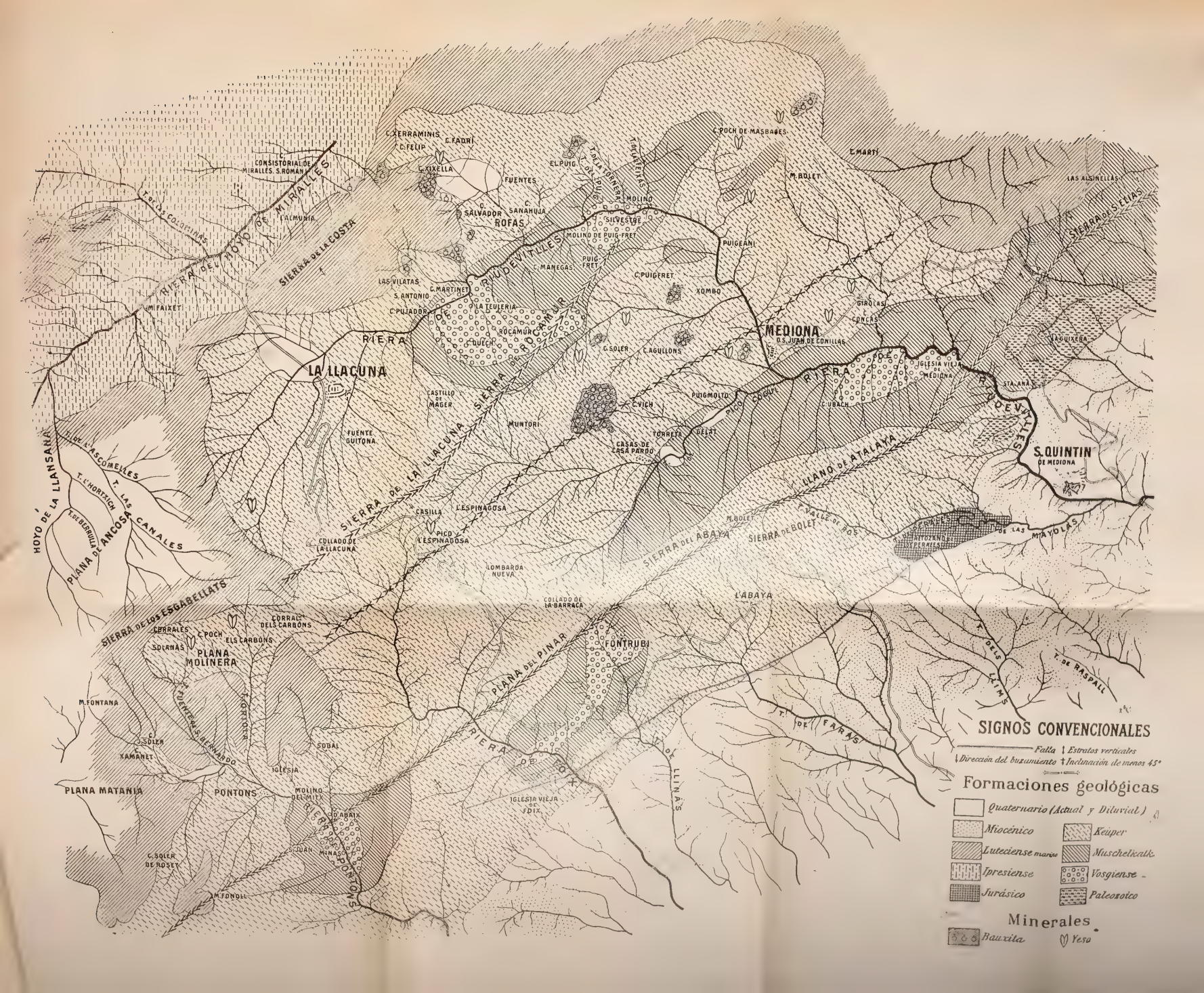
Afloramiento de "Els Casals" (La Llacuna).

Cl. Bataller

FOTOTIPIA DE HAUSER Y MENET.-MADRID

Afloramiento de Orpinell en explotación.

SMITHSONIAN INSTITUTION
MAR 24 1928
NATIONAL MUSEUM


SIGNOS CONVENCIONALES
Falta
Estratos verticales
Dirección del buzamiento
Inclinación de menos 45°
Formaciones geológicas
Quaternario (Actual y Diluvial)
Miocénico
Luteciense marino
Ypresiense
Jurásico
Keuper
Muschelkalk
Vosgiense
Paleozoico
Minerales
Bauxita
Yeso
MEDIONA
S. QUINTIN DE MEDIONA
LA LLACUNA
ROFAS
PONTONS
PLANA MOLINERA
PLANA MATANIA
PLANA DE ANCOSA
HOYO DE LA LLANSANA
SIERRA DE LA LLACUNA
SIERRA DE LOS ESGABELLATS
SIERRA DEL ABAYA
SIERRA DE BOLET
SIERRA DE S. ELIAS
SIERRA DE LA COSTA
RIERA DE FOIX
RIERA DE PONTONS
PLANA DEL PINAR
ILLANO DE ATALAYA
FONTRUBI
L'ABAYA
MOLINO DE PUIG-FRET
SILVESTRE
PUIGFRET
XOMBO
PUIGMOLTO
CASAS DE LASA PARDO
TORRETA
MUNTORI
CASTILLO DE MAGER
FUENTE GUITONA
COLLADO DE LA LLACUNA
LOMBARDA NUEVA
COLLADO DE LA BARRACA
IGLESIA VIEJA DE FOIX
IGLESIA VIEJA DE MEDIONA
MOLINO DE LA ALMUNIA
CONSISTORIAL DE MIRALLES
S. ROMAN
C. ERRAMINIS
C. FADRI
C. FELIP
C. OIXELLA
C. SALVADOR
C. SANAHUJA
C. MANEGAS
C. MARTINET
C. PUJADOR
C. QUECH
C. SOLER
C. AGUILLONS
C. VICH
C. UBACH
C. POCH DE MASBAGES
C. MARTI
M. BOLET
PUIGEANI
GIROLAS
CONCAS
LAS ALSINELLAS
LAGUIXERA
STA. ANA
LAS VILATAS
S. ANTONIO
LA TEULERIA
ROCAMUR
CASILLA
L'ESPINAGOSA
PICO L'ESPINAGOSA
CORRAL DELS CARBONS
ELS CARBONS
CORRALES
C. POCH
SOLANAS
M. FONTANA
C. SOLER
XAMANET
SODAL
IGLESIA
MOLINO DEL MITJA
C. SOLER DE ROSET
M. FONOLL
S. JUAN
MINAS
C. ABAIX
T. DE LAS COLONIAS
T. DE LA ROMERA
T. DE LA ALBEITAS
T. DEL PUIG
T. DE L'ASCOMELLES
T. L'HORTXICH
T. LAS CANALES
T. DE BERRUIGA
T. DE PUIGFERRAS BERNARDO
T. DE L'ORTOR
T. DE FARAS
T. DE LLINAS
T. DELS LLIMS
T. DE RASPALL
T. VALLE DE ROS
PICO COGULL
DELAT
M. BOLET
M. DE LAS MAYOLAS

El principio de Doppler-Fizeau en su relación con la ley de Kirchhoff,

por

Luis Rodés, S. J.

Nuevas aplicaciones a la Astrofísica

Los poco menos que innumerables trabajos hechos en torno del epígrafe de este artículo han concentrado su atención al estudio de los efectos originados en el espectro por la modificación del *camino óptico* recorrido por las ondas al trasladarse del foco lumínico, o del medio absorbente, al aparato receptor; el trayecto, en cambio, seguido por las vibraciones etéreas desde su fuente hasta su llegada al medio absorbente, ha sido dejado poco menos que intacto. Aun en libros tan completos y de tanta autoridad científica como el *Traité d'Optique*, de Mascart, se encuentra (Vol. III, página 92) «Le résultat ne dépend que de la vitesse relative de l'astre et de l'observateur»; afirmación que, si es cierta en cuanto se refiere a la posición de las rayas en el espectro, no contiene toda la verdad por lo que a su intensidad se refiere, ya que ésta puede ser modificada por la velocidad relativa entre la fuente de luz y el medio absorbente, independientemente de la velocidad relativa con respecto al observador.

La ley de Kirchhoff se ha formulado como estableciendo de una manera absoluta que un gas a baja temperatura absorbe vibraciones del mismo período o de la misma longitud de onda que las emitidas por él mismo cuando irradia luz; y en cuanto al principio de Doppler, débese a H. Fizeau la gloria de haberlo enunciado con exactitud científica, al demostrar (*Annales de Chimie et de Physique 19*, 211, 1870) que el efecto de la velocidad del foco luminoso con respecto al observador no es el cambio de color, sino la desviación de las líneas espectrales, debido al aparente cambio de período en la rapidez vibratoria.

Es decir, las ondas etéreas se *refractan* o *interfieren*, no según el *período vibratorio absoluto* con que fueron originadas, sino según el *período vibratorio relativo* con que llegan al prisma o al Rowland, y que, como es sabido, es función de la velocidad con que la fuente de luz se mueve con respecto al instrumento receptor.

¿Pasará lo mismo con la absorción, de suerte que un gas absorberá no las vibraciones de un *período absoluto* igual al de las por él emitidas, sino las que llegan a su seno con un *período relativo* igual al propio?

Aun cuando no he visto planteada la cuestión en los más acreditados libros sobre óptica, como los de Drude, Preston, Woods, Schuster, etc., o en tratados de espectroscopia astrofísica como el de P. Salet (París, 1909) y otros, no cabe duda sino que la cuestión debe contestarse afirmativamente; así lo reclama la naturaleza misma de la absorción, cuyo proceso guarda íntima analogía con el de la resonancia, y así *lo demuestran implícitamente* las mismas aplicaciones del principio de Doppler, como veremos en el transcurso de este artículo.

En conformidad con esta interpretación de la ley de Kirchhoff, y para que se vea su alcance, digo que *los vapores fríos de sodio, animados de velocidad suficiente, en nada disminuirían la intensidad de las dos líneas amarillas emitidas por la llama de este metal* (1).

En general, el período p_x de las vibraciones absorbidas por un gas A que se mueve con velocidad v en la dirección del rayo visual y que emite

---

(1) No deja de ser curioso que Van der Willigen, probablemente el primero a quien ocurrió la idea de que, a ser verdad el principio de Doppler, los gases en movimiento no absorberían las mismas vibraciones que cuando están en reposo, calificó esta consecuencia de *étrange*, y la usó como argumento convincente en contra de la tesis de Doppler; si los gases, animados de una velocidad relativa respecto del foco luminoso, no absorben las mismas vibraciones por ellos emitidas, ¿cómo es posible explicar la inversión de las rayas en el espectro relámpago momentos antes y después de la totalidad?

No he podido consultar directamente el folleto de Van der Willigen *Sur la fausseté de la préposition que les réfractions des rayons lumineux est modifiée par le mouvement de la source lumineuse et du prisme,* pero lo cita y comenta el Dr. H. Konen en su notable y completa monografía del principio de Doppler, publicada en el capítulo VII de la monumental obra de H. Kayser, *Handbuch de Spectroscopie.* Aunque Konen dice categóricamente que los vapores de sodio, animados de velocidad suficiente, no absorberían la raya amarilla emitida por la llama de este metal, no se detiene mucho en el asunto, contentándose con afirmar que *möglicher Weise, würden sich derartige Vorgänge, unter Umständen, in Sonnenspectrum Zeigen*; esto es que semejantes fenóme-

vibraciones de un período absoluto p_0, vendrá determinado por la ecuación

$$p_x = p_0\left(1 \mp \frac{x}{c}\right),$$

en la que c representa la velocidad de la luz y x viene determinado por la condición necesaria

$$p_0\left(1 \mp \frac{x}{c}\right)\left(1 \pm \frac{v}{c}\right) = p_0;$$

de donde, despreciando el término de segundo orden $\frac{-xv}{c^2}$, se deduce $x = v$ y $p_x = p_0\left(1 \mp \frac{v}{c}\right)$, lo que nos dice que el período absoluto de las vibraciones absorbidas por un elemento que emite vibraciones de período p_0, es función de la velocidad relativa entre el cuerpo que irradia y el cuerpo que absorbe.

He concretado el caso al cambio de período procedente del cambio de distancia, porque no es mi ánimo discutir aquí teóricamente las causas que pueden modificar el camino óptico de las ondas, y por tanto, su período aparente: como tampoco el analizar la influencia que el movimiento absoluto de la fuente de luz, del medio transmisor y del aparato receptor pueden ejercer en las vibraciones etéreas; todos estos problemas pueden verse magistralmente desarrollados por Mascart, *Traité d'Optique*,

---

menos podrían aparecer en el espectro solar en circunstancias especiales. En la respuesta a la dificultad de Van der Willigen, muestra también Konen no haber analizado del todo el caso; dice simplemente que Van der Willigen no tuvo presente que en el Sol la fotoesfera y la capa inversora están en reposo relativo; no nos parece ser esta la solución propia, ya que, aun en el caso de que la capa inversora estuviese animada de un movimiento relativo respecto del núcleo solar (lo cual juzgamos probable, como tendremos tal vez oportunidad de tratar en otra ocasión), la posición y distancias relativas entre las líneas de absorción no cambiarían en nada, como tampoco las rayas de emisión en el espectro relámpago; el único resultado sería una diferencia de período en las vibraciones absorbidas, y una desviación general de todas las rayas hacia el rojo o hacia el violado, según fuese la dirección del movimiento.

Aunque cuando leímos este breve párrafo de Konen (único que hemos encontrado directamente relacionado con nuestro tema), teníamos ya escrito el presente análisis; nos alegramos de haber visto confirmadas, si no analizadas, nuestras conclusiones, y recomendamos la lectura de su monografía sobre el principio de Doppler, como uno de los más interesantes escritos en espectroscopia.

Kayser *Handbuch der Spectroscopie,* Konen ibíd., Drude en su tratado de Optica, y otros competentes autores. Baste indicar de una manera general que, cuanto contribuye a modificar la distancia óptica recorrida por las vibraciones etéreas, debe aplicarse no sólo al trayecto foco-observador y medio absorbente-observador, sino también al trayecto foco-medio absorbente.

De una manera particular, la fórmula

$$N = n\left[1 - \frac{1}{c}\Sigma\left(l\frac{d\mu}{dt} + \mu\frac{dl}{dt}\right)\right],$$

dada por W. Michelson *(Astroph. Jour. 13*, 192, 1901) para determinar el período aparente N, con que las ondas llegan al observador, en función del período con que fueron originadas n y del cambio en el camino óptico, procedente de la velocidad relativa $\frac{dl}{dt}$ y de la inconstancia en el índice de refracción $\frac{d\mu}{dt}$, merece especial atención al estudiar el período absoluto de las ondas absorbidas.

Mi intención en este artículo es presentar de una manera elemental, y desde el punto de vista de la Astrofísica, el efecto que en la estructura de un espectro discontinuo puede ejercer la velocidad relativa del medio absorbente con respecto al foco lumínico; no obstante, para que se vea cómo esta interpretación relativa de la ley de Kirchhoff aplicada al espectro de absorción, no sólo no contradice a ninguno de los hechos observados, sino que los confirma y les da unidad, generalizaré este análisis y abarcaré también aquellos casos comúnmente estudiados en las aplicaciones ordinarias del principio de *Doppler-Fizeau.*

Comencemos por formular una expresión analítica que relacione entre sí: *a)* el período absoluto con que fueron originadas las vibraciones absorbidas; *b)* el período absoluto de las ondas emitidas por el gas absorbente, y *c)* el período relativo con que llegan al observador, y que determina en último término su posición en el espectro.

Llamemos S el foco lumínico; A el medio absorbente, y O el observador (figs. I y II).

Sea además

p_x el período absoluto de las vibraciones absorbidas.

p'_x el período relativo con que llegan al medio absorbente A

p_0 el período absoluto de las vibraciones emitidas por A

p'_0 el período relativo con que las vibraciones de período absoluto p_0, procedentes directamente del foco lumínico, llegan al observador.

p''_x el período relativo con que las vibraciones de período absoluto p_x llegan al observador.

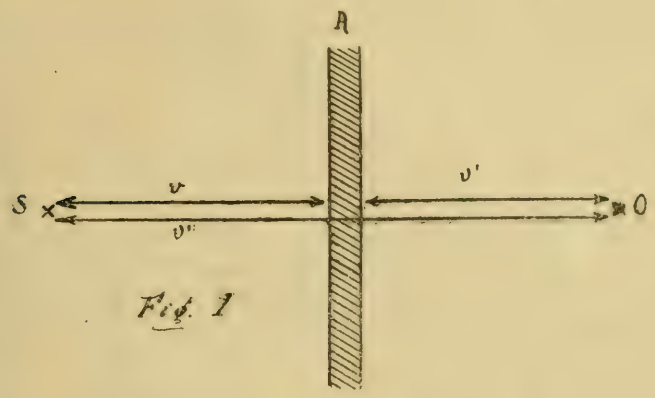


Fig. I

v la velocidad relativa de A con respecto a S

v' la velocidad relativa de A con respecto a O

v'' la velocidad relativa de S con respecto a O

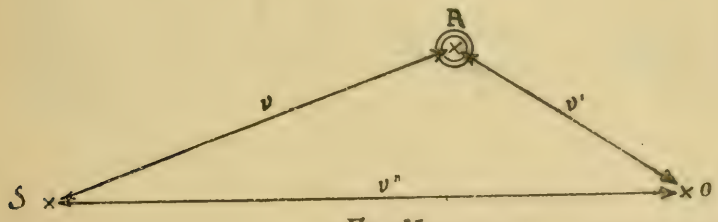


Fig. II

Recordando las ecuaciones

$$p_x = p_0\left(1 \mp \frac{x}{c}\right);$$

$$p'_x = p_x\left(1 \pm \frac{v}{c}\right) = p_0\left(1 \mp \frac{x}{c}\right)\left(1 \pm \frac{v}{c}\right),$$

obtendremos las expresiones generales

$$p''x = p'x\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right) = px\left(1 \pm \frac{v}{c}\right)\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right) = p_0\left(1 \mp \frac{x}{c}\right)\left(1 \pm \frac{v}{c}\right)\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right) = p_0\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right) \quad \text{[I]}$$

$$p'_0 = p_0\left(1 \mp \frac{v''}{c}\right).$$

La combinación de los valores v, v' y v'' nos da los siguientes casos prácticos:

1. $v = 0,\ v' = 0,\ v'' = 0,$ que da $px = p'x = p''x = p_0$
2. $v \neq 0,\ v' \neq 0,\ v'' = 0,$ » $px\left(1 \pm \frac{v}{c}\right)\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right) = p'x\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right) = p''x = p_0\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right)$
3. $v = 0,\ v' \neq 0,\ v'' = 0,$ » $px\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right) = p'x\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right) = p''x = p_0\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right)$

y $p'_0 = p_0$.

4. $v \neq 0,\ v' = 0,\ v'' \neq 0,$ » $px\left(1 \pm \frac{v}{c}\right) = p'x = p''x = p_0$
5. $v = 0,\ v' \neq 0,\ v'' \neq 0,$ » $px\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right) = p'x\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right) = p''x = p_0\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right)$
6. $v \neq 0,\ v' \neq 0,\ v'' \neq 0,$ » $px\left(1 \pm \frac{v}{c}\right)\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right) = p'x\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right) = p''x = p_0\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right)$

y $p'_0 = p_0\left(1 \mp \frac{v''}{c}\right)$.

PRIMER CASO.—Las vibraciones absorbidas serán del mismo período p_0 correspondiente a las líneas de emisión del elemento A; la intensidad de estas líneas será necesariamente modificada por el medio absorbente, y las rayas de absorción ocuparán en el espectro su posición normal, correspondiente a vibraciones de período p_0 acá en la tierra.

SEGUNDO CASO.—Es la hipótesis de un medio absorbente que se mueve entre el foco luminoso y el observador, cual sucedería si grandes masas de vapores fuesen lanzadas al espacio por un astro fuente de luz; en este caso, p_x no puede ser igual a p_0, de donde las líneas de emisión propias del elemento A pueden llegar al observador sin haber sido modificadas por la absorción de las capas más frías y elevadas de este mismo elemento, siempre que v sea suficiente para producir una desviación de la raya igual a su anchura; si v es menor, una u otra de las aristas será debilitada según sea la dirección del movimiento.

La consecuencia más importante de este segundo caso es que *unas mismas líneas pueden aparecer en el espectro como de absorción y emisión;* su relativa separación será función de la longitud de onda λ y de la velocidad entre el cuerpo radiante y el cuerpo absorbente; las líneas de emisión en el actual supuesto de $v'' = o$, ocuparán su posición normal en el espectro.

Otra consecuencia es que un elemento A en movimiento pueda absorber las rayas de otro elemento B, siempre que el período vibratorio de A satisfaga la relación

$$p_x\left(1 \pm \frac{v}{c}\right) = p_0.$$

Si el elemento B emitiese vibraciones de período p_0, p_1, p_2, etc., y el medio absorbente las emitiese de período p_x, p_y, p_z, etc., algunos de los cuales satisfacen la relación

$$p_x\left(1 \pm \frac{v}{c}\right) = p_0, \quad p_y\left(1 \pm \frac{v}{c}\right) = p_1, \quad p_z\left(1 \pm \frac{v}{c}\right) = p_2$$

y otros no; en este caso, las rayas de emisión correspondientes a los períodos que satisfacen la relación dicha serían absorbidas, mientras que las demás permanecerían intactas; la posición de las rayas de absorción viene dada por la relación

$$p''_x = p_0\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right).$$

Esto podría tal vez encontrar una aplicación práctica en el caso de estrellas que se proyectan en el fondo de nebulosas, para discernir por

medio de su espectro si forman con ellas un sistema o si se mueven independientemente en un fondo más distante.

En los casos ordinarios indicados en la fig. I, tendremos $v' = v$, en valor absoluto, siempre que $v'' = o$, y en esta hipótesis la ecuación I nos da (despreciando términos de segundo orden)

$$p_x = p''_x = p_0\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right),$$

lo que nos dice que el período absoluto p_x de las vibraciones absorbidas por el elemento A en movimiento es igual al período relativo con que llegan al observador y viene dado por la fórmula

$$p_0\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right),$$

en consonancia con el principio de Doppler. Usando la fórmula completa de Michelson dada más arriba, veríamos que aun suponiendo $v = v'$ y $v'' = o$ podríamos tener $p_x \neq p''_x$; es decir, una diferencia entre el período absoluto original de las vibraciones absorbidas y el aparente con que las recibe el observador, siempre que $\frac{d\mu}{dt}$ modificase el camino óptico de las ondas entre el foco lumínico y el medio absorbente, como necesariamente sucede en el caso de una protuberancia continua eruptiva.

En condiciones especiales, como al observar y comparar el espectro directo del Sol con el espectro del mismo astro reflejado por un cometa (Fig. II) podríamos tener $v'' = o$ y $v' \neq v$, si el cometa, rodeado de una propia atmósfera absorbente, se moviese con una velocidad relativa diferente respecto del Sol y de la Tierra. En este caso, el espectro solar observado a través de los gases del cometa podría ser modificado por v, en cuanto a la intensidad de sus líneas, y también en cuanto a su número.

Concretemos, por ejemplo, el caso a las bandas de absorción del cianógeno constituídas en el espectro solar; si p_0 es el período absoluto de las vibraciones que las originan,

$$p_0\left(1 \pm \frac{v}{c}\right)$$

expresará el período relativo con que llegarán al elemento cianógeno del cometa, y consiguientemente no serán por éste absorbidas; en cambio serán absorbidas vibraciones de período

$$p'_x = p_0\left(1 \mp \frac{x}{c}\right),$$

que llegarán al cometa con el período relativo

$$p'x = p_0\left(1 \mp \frac{x}{c}\right)\left(1 \pm \frac{v}{c}\right) = p_0,$$

igual al del cianógeno (1); consecuencia: una nueva raya de absorción separada de la debida a la atmósfera solar por una distancia que será función de la diferencia de períodos

$$p_0 \quad \text{y} \quad p_0\left(1 \pm \frac{v}{c}\right),$$

e independiente de v', cuyo único efecto será desviar todas las rayas en conjunto. Dentro, pues, de esta hipótesis, y en el caso de que v'' (velocidad Sol-Tierra) sea cero, tendremos una raya de absorción en el espectro directo del Sol, que ocupará una posición normal correspondiente a un período vibratorio, p_0, pero en el mismo espectro, reflejado por el cometa, aparecerán, si v es bastante grande, dos rayas de absorción, cuya posición y distancia mutua vendrá determinada por los correspondientes períodos relativos

$$p_0\left(1 \pm \frac{v}{c}\right)\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right) \quad \text{y} \quad p_0\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right)$$

con que las vibraciones llegan al observador. Las velocidades deben tomarse con signo positivo o negativo, según que su efecto sea aumentar o disminuir las distancias entre los puntos a que se refieren.

Conviene, pues, notar que aun para el caso de v' constante, o igual a cero, la separación entre las dos rayas de absorción Sol-cometa, puede variar debido al factor $\left(1 \pm \frac{v}{c}\right)$, cuyo efecto es desviar la raya solar reflejada por el cometa a uno u otro lado de la originada por la atmósfera del último, proporcionando manera de distinguirlas.

Distintas series de líneas de absorción, procedentes de un mismo elemento, podrían también aparecer en el espectro de las estrellas, siempre que en su periferia hubiese grandes masas de vapores, a manera de protuberancias eruptivas, animadas de velocidades radiales diferentes v_1, v_2,

---

(1) Al hablar del efecto producido por una segunda absorción en el caso de los cometas y planetas, p_x se refiere al período de las vibraciones, tal cual emergen de la capa absorbente en el Sol.

v_3, etc., cada una de las cuales absorbería del espectro continuo vibraciones de un período absoluto diferente, dado por la fórmula

$$p_x = p_0\left(1 \pm \frac{x}{c}\right),$$

en la que x representa aproximadamente los valores de v_1, v_2, v_3, etc.

La razón es que, como la luz que pasa por la rendija del espectroscopio procede de todo el disco visible de la estrella, las vibraciones que han sido absorbidas en alguna o algunas regiones, no podrán tener la misma intensidad que aquellas otras que no han experimentado absorción alguna; de aquí que, si el área cubierta por las protuberancias es suficientemente extensa, y la velocidad con que éstas se mueven difiere lo bastante para que las rayas no se confundan, puedan aparecer múltiples rayas de absorción originadas por un mismo elemento A, y correspondientes a los períodos vibratorios

$$p_0\left(1 \pm \frac{x}{c}\right)$$

del espectro continuo.

El espectro solar reflejado por los planetas cae también dentro de este segundo caso: $v \neq o$, $v' \neq o$, $v'' = o$, principalmente en virtud de su rotación alrededor del eje, ya que la componente radial con respecto al Sol, originada por la excentricidad de sus órbitas, monta muy poco.

En nota presentada a la Academia de Ciencias, de París (C. R. *120,* 420, 1895), hizo notar H. Deslandres que «lorsqu'un corps est éclairé par diffusion, sa lumière subit le déplacement non seulement par rapport a l'observateur, mais aussi par rapport a la source», y H. Poincaré, comentando la comunicación precedente, dió la fórmula

$$\tau\left[1 + \frac{1}{c}\left(\frac{dR}{dt} + \frac{dR'}{dt}\right)\right]$$

para relacionar el período absoluto τ de las vibraciones absorbidas con el aparente con que llegan al observador al ser reflejadas por el planeta; fórmula que coincide con la dada independientemente en este análisis, con poner

$$\frac{dR}{dt} = v \quad \text{y} \quad \frac{dR'}{dt} = v'.$$

Aunque, como mostró J. E. Keeler (*Astr. Jour.* I, 352, 1895), ya otros astrónomos habían llamado la atención sobre el particular, nadie lo hizo con la precisión y claridad de Poincaré. De entonces acá la materia ha sido plenamente discutida y aplicada al estudio de la rotación de los pla-

netas con resultados verdaderamente sorprendentes; pero también aquí se ha concentrado la atención, más en el desvío e inclinación de las rayas, que no en su naturaleza y carácter, que pueden ser modificados por la velocidad con que la región observada del planeta se mueve con relación al Sol.

Una consecuencia importante, desde este punto de vista, es que, si la atmósfera del planeta tiene algunos elementos comunes con la solar, las líneas de absorción coincidirán en el espectro, a no ser que v sea diferente de cero; esto, independientemente de la velocidad del planeta y del Sol, con respecto al observador. Las condiciones, pues, más favorables para descubrir por medio del análisis espectral los elementos que integran las atmósferas planetarias, es observar los planetas en aquellas regiones del disco visible y en aquellas posiciones a lo largo de sus órbitas, para las cuales v alcanza un valor máximo, y comparar los resultados con los obtenidos cuando v pasa por un mínimo. Al observar el borde E. de Júpiter en oposición, las vibraciones absorbidas por la atmósfera solar con un período p_0 correspondiente al elemento A, llegarán al observador con un período relativo

$$p_0' = p_0\left(1 - \frac{12}{c}\right)\left(1 - \frac{12}{c}\right),$$

o aproximadamente

$$p_0\left(1 - \frac{24}{c}\right),$$

mientras que el período aparente de las vibraciones absorbidas por el mismo elemento A en la atmósfera de Júpiter será

$$p_0\left(1 - \frac{12}{c}\right),$$

lo que da una diferencia de

$$p_0 \frac{12}{c}$$

entre los dos períodos relativos, y origina una desviación de cerca 0 . 2 Å en la región $\lambda = 5000$ Å; desviación, como se ve, más que suficiente para separar dos rayas, si se usa un poder dispersivo regular.

Aun cuando la mayor densidad y anchura de las rayas espectrales en la luz solar reflejada por los planetas guarda, sin duda, relación con la profundidad de las atmósferas que los envuelven, como muestran claramente, por ejemplo, las fotografías obtenidas por el doctor Slipher del Observatorio Lovell, bueno será notar también que, cuanto más lejano sea el planeta observado, tanto mayor será el efecto de la rotación en el

ensanchamiento de las rayas de absorción, debido a que, para una misma abertura de la rendija, la región observada crece con la distancia, y, de consiguiente, v y v' pueden variar entre mayores límites.

TERCER CASO: $v = 0$, $v' \neq 0$, $v'' = 0$.—Como se ha indicado ya, estas condiciones pueden verificarse al observar la luz solar reflejada por algún planeta o satélite cuando su velocidad relativa al Sol es cero. En tal hipótesis, las dos rayas procedentes de un mismo elemento A, común al Sol y al planeta, se confundirán en el espectro y ocuparán en él una posición determinada por el período relativo

$$p_0\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right)$$

con que las vibraciones absorbidas llegan al observador. Las rayas de absorción serán en este caso más intensas, pero únicas, y, si se comparan con las procedentes del espectro directo solar, todas quedarán desviadas proporcionalmente a la diferencia de período

$$p_0 \quad \text{y} \quad p_0\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right)$$

entre las vibraciones directas y las reflejadas.

CASO CUARTO: $v \neq 0$, $v' = 0$, $v'' \neq 0$.—Es el caso de un observador rodeado de una atmósfera con movimiento relativo a la fuente de luz. Las rayas de absorción terrestre debidas al elemento A ocuparán en el espectro la posición normal correspondiente a vibraciones de período absoluto p_0, ya que éste llega al instrumento sin haber sido modificado; pero, según la ecuación general p_x, o el período de las vibraciones absorbidas del espectro solar, no puede ser igual a p_0, de donde nacerá una desviación relativa entre la raya solar y la terrestre, que será función de v o de v'', ya que, excepto para casos puramente teóricos en el movimiento de los cuerpos reflectores, v será igual a v'', si $v' = 0$.

Al observar el centro del disco solar *a mediodía*, v representará la velocidad radial de la Tierra con respecto al Sol, que puede oscilar entre $\pm$ 0.50 kilómetros; mientras que si se hace la observación por la mañana o por la tarde, a la cantidad anterior hay que añadir el término V cos φ *sin t* cos δ, donde V es la velocidad de rotación de la Tierra en el Ecuador, φ la latitud del observador, t el ángulo horario del astro y δ su declinación; resumiendo: el período aparente de las rayas solares será

$$v_0\left(1 \mp \frac{v}{c}\right)$$

y el de las terrestres p_0.

Caso quinto: $v = 0$, $v' \neq 0$, $v'' \neq 0$.—Es el caso de un foco lumínico rodeado de una atmósfera en reposo relativo, siempre que el conjunto se mueva con respecto al observador. Como se ve por la fórmula general, en esta hipótesis $p_x = p_0$, y, por tanto, rayas brillantes correspondientes a un período absoluto p_0, propio del elemento A, no pueden llegar al observador sin ser modificadas por la presencia de este mismo elemento en la atmósfera absorbente; esta modificación no dependerá de v' o v''. Si estas dos velocidades son iguales, cual sucederá al observar directamente el foco lumínico, la ecuación general nos dice que

$$p''_x = p_0\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right) = p_0\left(1 \mp \frac{v''}{c}\right) = p'_0;$$

o, lo que es lo mismo, que tanto las rayas de emisión, si las hay, como las de absorción, serán desviadas de su posición normal una cantidad determinada por la diferencia de período

$$p_0 \quad \text{y} \quad p_0\left(1 \mp \frac{v''}{c}\right).$$

Si entre las vibraciones emitidas por la fuente de luz, las hubiese de período

$$\frac{p_0}{1 \mp \frac{v''}{c}},$$

éstas llegarían al observador con un período relativo igual a p_0, y producirían una raya exactamente en la misma región del espectro correspondiente a la raya del elemento A, aunque de procedencia distinta.

Al observar la luz del Sol reflejada por algún planeta, podríamos tener $v = 0$ y $v' \neq v'' \neq 0$; en tal caso, las rayas comunes al Sol y al planeta coincidirán, y entrambas serán desviadas de su posición normal según indica su período relativo

$$p_0\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right);$$

si éstas rayas se comparan con las del espectro solar directo, la desviación relativa vendrá indicada por la diferencia de período

$$p_0\left(1 \mp \frac{v''}{c}\right) \quad \text{y} \quad p_0\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right)$$

entre las vibraciones directas y las reflejadas.

Caso sexto: $v \neq 0$, $v' \neq 0$, $v'' \neq 0$ y $v \neq v' \neq v''$.—Estas condiciones pueden verificarse en un astro cuya atmósfera posea un movi-

miento radial con relación al centro, y que esté además animado de un movimiento relativo con respecto al observador. En tal hipótesis, rayas de emisión debidas al elemento A pueden llegar al observador sin ser modificadas por la absorción de este elemento en la atmósfera envolvente; la separación entre las rayas de emisión y las de absorción vendrá dada por la diferencia entre sus correspondientes períodos relativos

$$p_0\left(1 \mp \frac{v''}{c}\right) \quad \text{y} \quad p_0'\left(1 \mp \frac{v'}{c}\right),$$

los cuales determinan también la desviación absoluta de ambas rayas con relación a su posición normal.

Apliquemos el precedente análisis a la explicación de algunos fenómenos característicos de las *estrellos nuevas*.

Su espectro presenta, entre otras, las peculiaridades siguientes:

a) Rayas brillantes y oscuras, originadas por un mismo elemento.

b) Las rayas de absorción aparecen, a las veces, dobles, y hasta triples; por lo menos, algunas de ellas, como las debidas al hidrógeno. (Cf. *Publicationen des Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam, über das Spectrum der Nova Geminorum, Nr. 2,* por R. Furnhjelm, *68,* 1913.)

c) Las rayas de absorción aparecen siempre movidas hacia el violado; esta desviación es proporcional a la longitud de onda. (Cf. W. S. Adams y A. H. Joy en *Publ. of the Astr. S. of the Pacific.* Agosto, 1918; Leah B. Allen, ibíd. Octubre, 1918; J. S. Plasket, *The Journal of the R. Astr. Soc. of Canada.* Septiembre, 1918, etc.)

d) Dichas rayas presentan un carácter muy inestable, tanto en su posición como en su aparición e intensidad.

e) La desviación de las rayas de absorción es mucho mayor que la de las rayas de emisión; estas últimas, en cambio, se presentan muy anchas e intensas.

Todos estos hechos, cuya interpretación no ha formulado hasta el presente la Astrofísica de una manera cabal y satisfactoria, parece pueden explicarse con tener presentes los casos segundo y sexto de nuestro análisis.

Por lo menos, queda obviada la dificultad propuesta por Plasket de que «si las rayas de absorción, con sus diversas desviaciones, fuesen debidas al elemento hidrógeno en movimiento, éste debería estar animado

de velocidades distintas a un mismo tiempo, lo que es absurdo» (1). El absurdo se evita con sólo suponer que estas distintas velocidades se refieren a masas de hidrógeno que cubren diferentes partes de la superficie estelar.

Verdad es que todavía resulta algo difícil concebir velocidades de más de 2.000 kilómetros por segundo, cual las requiere la desviación de las rayas, que en ocasiones ha excedido 20 Å; pero si se tiene en cuenta, *primero,* las proporciones inmensas de la catástrofe estelar, capaz de aumentar en *100.000 veces* la intensidad luminosa del astro en el corto período de unos pocos días; *segundo,* que no es necesario atribuir este rápido movimiento a toda la estrella (cuya velocidad viene, probablemente, determinada por el pequeño desvío de las líneas de emisión, o también por el de las finas rayas de absorción H y K), sino a grandes masas de vapores tan solamente; y *tercero,* que, aun en nuestro Sol, y durante su estado normal, hemos presenciado protuberancias eruptivas arrojadas al espacio con velocidades de varios centenares de kilómetros por segundo; si todo esto se tiene en cuenta, repito, no parece tan improbable el atribuir la desviación de las rayas espectrales en las estrellas nuevas a las velocidades radiales de los vapores que las originan, principalmente cuando esta es la única hipótesis que cuadra bien al carácter con que tal desviación se presenta.

En nota presentada a la Academia de Ciencias de los Estados Unidos, en diciembre del pasado año (2), Adams sugería la idea de una densa atmósfera envolvente que se apartase de la estrella con la enorme velocidad requerida por la desviación de las rayas espectrales; según Adams, la parte central de esa capa gaseosa, moviéndose hacia el observador, y proyectándose sobre el disco de la estrella, originaría las rayas de absorción desviadas hacia el violado, mientras que lo restante de esa atmósfera sería causa de las líneas de emisión anchas y simétricas con que aparecen varios elementos. Aparte de alguna otra dificultad que pasaré en silencio para no alargar demasiado estas líneas, la sugestión de Adams no da razón más que de una serie de rayas de absorción, siendo así que éstas se presentan muchas veces dobles, y aun, en algunos casos, triples. También me parece más probable el atribuir esas enormes velocidades de más de 2.000 kilómetros por segundo a grandes masas de vapores, que bastará cubran una décima parte, o menos aún, de la superficie de la estrella.

---

(1) Véase su artículo citado más arriba.
(2) Proceedings of the National Academy of Sciences *4*, p. 355. 1918.

que no a toda su atmósfera envolvente, ya que apenas se concibe cómo una emanación de proporciones tan inmensas podría mantenerse durante varios días consecutivos.

El *origen* de las rayas de emisión en las estrellas nuevas es independiente de este análisis, cuyo alcance, en este punto, es poner tan sólo de relieve cómo unas mismas rayas pueden aparecer en el espectro como de *emisión* y de *absorción;* esto no obstante, me permitiré indicar que la hipótesis para mí más plausible es la de que la *estrella nueva* (no por su existencia, sino por su brillo), entra de súbito en una región poblada de materia cósmica o pequeños meteorolitos, los cuales, al precipitarse sobre su superficie y atravesar su atmósfera, se ponen incandescentes y se volatilizan, originando así extraordinario aumento de brillo y las rayas de emisión. Como los asteroides bombardearían a la estrella en todas direcciones, unas tenderían a desviar la raya hacia el rojo, y otras hacia el violado, produciendo en conjunto una raya ancha y difusa, tal cual se presenta en el espectro de las nuevas en su período de máxima intensidad luminosa.

La desaparición definitiva de las rayas del *nebulio*, después de un corto período de existencia, en el espectro de la mayor parte de las nuevas, podría indicar también que este misterioso elemento, en las capas de la periferia, ha llegado a un estado de *reposo relativo* con respecto a las masas centrales, ya que en tal caso las capas exteriores, necesariamente de temperatura más baja, absorberían precisamente las mismas vibraciones *emitidas* por las masas interiores más calientes; vibraciones que, cuando por efecto de un *movimiento relativo* entre las dos masas, no llegaban a la región absorbente con su primitivo período, eludían la absorción, y producían la raya de emisión.

En términos generales, me parece también muy probable que el extraordinario brillo de las rayas de emisión en el espectro de las nebulosas planetarias, es indicio de grandes velocidades en la atmósfera envolvente, ya que, de no ser así, esta última disminuiría la intensidad de las radiaciones emitidas por los mismos elementos del núcleo. Téngase presente, por ejemplo, lo débil de las rayas producidas por la atmósfera solar, cuando aparecen como de emisión en el «espectro relámpago», durante un eclipse total, si se comparan con las regiones del espectro continuo procedente de las capas más internas del mismo Sol al observar todo el disco.

¿Podría también explicarse con la presente hipótesis del movimiento relativo entre el cuerpo radiante y el cuerpo absorbente, el cambio de brillo y carácter inestable de las rayas de hidrógeno en algunas estre-

llas? (1) Sin pretender decidir la cuestión, bueno es insinuar esta causa como probable, o, por lo menos, posible, en el origen de tan singulares variaciones.

Según habrá echado de ver el lector, pocas son las consecuencias de este análisis a las que no pueda llegarse por la simple aplicación del principio de Doppler-Fizeau; esto, no obstante, creemos que el haberlo relacionado con la ley de Kirchhoff, da mayor unidad a toda la materia, y pone mejor de relieve las múltiples y valiosas aplicaciones que a la Astrofísica pueden hacerse.

Mt. Wilson Observatory.

Marzo, 1919.

---

(1) Véase J. Scheiner «Über die Sternspectra mit theils hellen, theils dunklen Wasserstofflinien». Astr. Nachr. *156*, p. 195, 1901.

Estudio sobre el método de volumetría reométrica en sus aplicaciones al análisis químico

por

Vicente Villumbrales Martínez

Por el desarrollo que la Química ha experimentado en los últimos decenios, mediante la influencia de la Física, se han presentado al analista una serie de nuevos problemas, en que los procedimientos analíticos corrientes son inaplicables, y se ha tenido que recurrir a utilizar otros métodos distintos, siendo uno de ellos, de uso frecuente, el que va a ser objeto de nuestro estudio.

Según un trabajo debido a Kohlrausch con referencia a otro anterior de Arrhenius *(Wiedeman, analen.*, p. 225, 1885), es muy posible la determinación fácil y rápida de concentraciones iónicas por medio de la conductibilidad eléctrica de las disoluciones correspondientes, empleando la corriente alternativa.

Más tarde, Berthelot, empleando este medio, determinó y valoró disoluciones de ácidos y de bases débiles, como ácido bórico y la piridina, en los cuales los indicadores coloreados no conducen a ningún resultado en estos casos particulares *(Bull. Soc. Chimi.* 56, 269-1891).

El método se emplea igualmente para determinar la solubilidad de sustancias muy poco solubles, y en las cuales pueda considerarse como despreciable la proporción de la sal sin disociar, o valuables en otro caso.

Es también aplicable a disoluciones de composición muy complicada. Ruppin lo empleó en la determinación de la concentración de la sal en el agua del mar (Z. F. anorg. ch. 49, 190-1906). P. Dutoit. Volumetría Physique Chimie *(Jour de Chim. phys.* 8, 12 y 27, y *Bull. Soc. Chim. de France* (4) 7, I. XXXIX), fundándose en la variación de la conductibilidad de una disolución por la cantidad de un reactivo añadido, lo utilizó para acidimetrías y alcalimetrías, especialmente cuando no es posible el empleo de un indicador, así como también en la volumetría por precipitación.

H. Erdmann *(Ver., b., Deutsch. Chem.* ges. 30,1175, 1907), lo aplicó para la determinación cuantitativa de la proporción en que se hallan en una mezcla sales análogas, como p. e. cloruro y bromuro de potasio, pues según los principios de análisis químico indirecto, cuando las disoluciones de igual concentración de cada una de las sales que forman estos pares, presentan gran diferencia en sus conductibilidades.

Otra aplicación muy original de este procedimiento, consiste en la determinación de mínimas cantidades de compuestos de oro y de platino, reduciendo sus disoluciones con óxido de carbono y determinando el incremento de la conductibilidad de la disolución *(Donan. Monatshefte. f. Chemie*, 27, 59, 1906).

Un ingenioso método, digno de mencionar. es el debido a A. Koeppel (V. *Erh. d. Phys. ges.* 10, 814, 1908 y 11, 237, 1909), para la investigación de mezclas gaseosas, por el método eléctrico, aplicable a la medida de velocidad de flujo de los gases.

Hechas estas ligeras notas sobre las aplicaciones que ha tenido el procedimiento por nosotros estudiado, vamos a exponer los fundamentos del método reométrico, que ha de constituir la segunda parte de nuestro trabajo, terminando con un tercer capítulo, en el cual detallamos los resultados obtenidos en la parte experimental, haciendo, por último, un resumen en el cual condensamos las conclusiones deducidas de toda nuestra labor.

I

FUNDAMENTOS DEL MÉTODO REOMÉTRICO

Pensando con arreglo a los criterios de la teoría iónica, la conductibilidad de una disolución depende del número total de iones existentes y de su velocidad. Y el número de iones, a su vez, depende de la concentración del electrólito y su grado de disociación. La velocidad iónica depende del rozamiento de los iones con las moléculas del disolvente y de un factor constante, dependiente de la naturaleza de cada ion y se halla relacionado, al parecer, con la posición de éste en el sistema periódico, en el caso de tratarse de un ion elemental.

Es sabido que si en una disolución determinada desaparecen o aparecen iones nuevos, o son sustituidos por otros de velocidad distinta, la conductibilidad experimentará la variación correspondiente, decreciendo o creciendo, según el caso.

La velocidad de los iones se expresa en la tabla siguiente:

K	NH_4	Na	Li	Ag	H	Cl	Br	I	NO_1	CLO_3	CO_2H	$C_2O_3H_2$	OH
65,3	64,2	44,4	35,5	55,7	318	65,9	66,7	66,7	60,8	56,5	45	33,7	174

Consideremos, por ejemplo, una disolución decinormal de un ácido, cuyo esquema de disociación puede representarse del modo siguiente: $AH \rightleftarrows \overset{-}{A} + \overset{+}{H}$ y que en las condiciones admitidas podemos suponer tratándose de un ácido fuerte completa o casi completa; si se determina la conductibilidad de esta disolución, se halla el valor correspondiente a la disociación. Si a la disolución de tal ácido se hace llegar la de un hidróxido alcalino, también decinormal, y que en esta dilución podemos suponer casi completamente disociado, según la ecuación $ROH \rightleftarrows \overset{+}{R} + \overset{--}{OH}$, ocurrirá lo siguiente:

Los iones $\overset{+}{R}$ y $\overset{-}{A}$ persisten en concentración que podemos considerar poco variada, pero la concentración del ion $\overset{+}{H}$, que antes de añadir el álcali tenía un valor máximo, decrece por formar con el ion $\overset{-}{OH}$ un producto de disociación H_2O, prácticamente no disociado.

Resulta, pues, que procediendo en esta forma, el ion $\overset{+}{H}$ del ácido es sustituído por el $\overset{+}{R}$ de la base, sin que, dadas las condiciones en que suponemos se realiza la operación, y sufran ninguna modificación, los demás iones existentes, ni en número ni en velocidad.

Ahora bien, como la velocidad del ion $\overset{+}{H}$, es considerablemente superior a la de todos los demás iones, prácticamente es cinco veces mayor que la de los iones alcalinos; al ser sustituídos por otro de menor velocidad, la conductibili lad decrecerá y pasará por un valor mínimo.

A partir de este momento, y suponiendo que se continúe la adición de la disolución decinormal del álcali, la conductibilidad medida aumentará, por la intervención de los iones aportados por la base, y muy especialmente por la presencia del ion $\overset{-}{OH}$, cuya velocidad 174 es la más considerable, después de la del ion $\overset{+}{H}$.

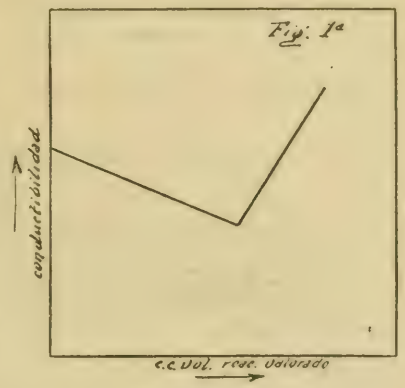
Resulta, pues, que si siguen gráficamente las variaciones de la conductibilidad, en función del volumen del álcali añadido, la curva correspondiente pasará por su valor mínimo, que corresponderá a la concentración mínima de los iones $\overset{+}{H}$, y determinando la abscisa correspondiente a este punto mínimo, tendremos el volumen de la disolución alcalina valorada necesaria para reducir la concentración primitiva de los iones $\overset{+}{H}$ a un

valor casi nulo. Es decir, que se ha realizado una acidimetría, tomando como indicador el mínimo de conductibilidad.

Es evidente que los resultados serían completamente análogos haciendo la operación invertida, o sea añadiendo el ácido a la disolución alcalina y midiendo la conductibilidad de esta última. Procediendo así, habríamos realizado una alcalimetría con igual indicador.

En el caso que tratamos de ácido fuerte y base fuerte en disolución $\frac{N}{10}$ la curva que expresa la variación de la conductibilidad tendría muy aproximadamente la siguiente forma: (fig. 1.ª)

En este caso, la curva se compone de dos ramas, que sin error sensible pueden tomarse como rectas, y se cortan casi normalmente en un punto bien definido. La rama izquierda es el lugar de los puntos correspondientes a una conductibilidad, que es prácticamente la diferencia entre la conductibilidad primitiva del ácido y la de la sal alcalina que se produce, y la rama de la derecha contiene todos los puntos cuya conductibilidad es la suma de la de la sal alcalina con la del hidróxido alcalino que se va añadiendo, y el punto mínimo representa en nuestro caso la conductibilidad de la sal alcalina formada en disolución $\frac{N}{20}$.



Fácil sería establecer con estos datos la ecuación de las dos ramas de la curva, y las coordenadas del punto, cálculo que omitimos por ser su importancia más teórica que práctica.

Distinta es la forma de la curva cuando el ácido empleado es ácido débil, que es neutralizado en cantidades progresivas por una disolución de un álcali fuerte; pues aunque en la disociación del ácido se producen iones $\overset{+}{H}$ veloces, la concentración de éstos es muy pequeña, y la conductibilidad del ácido resulta inferior a la de la sal alcalina formada. La curva, pues, presenta una rama ascendente. Neutralizado completamente el ácido a los volúmenes sucesivos de la disolución alcalina añadida, corresponde una conductibilidad que, sumada a la de esta sal alcalina, produce un incremento más considerable en la conductibilidad.

La curva presenta una forma análoga a la siguiente (fig. 2.ª) y se

compone de dos ramas rectas, ambas ascendentes, con un punto de intersección, y forman ángulo obtuso que resulta peor definido que en el caso anterior.

Otro caso típico es que se presenta al interpretar gráficamente la conductibilidad de una sal, uno de cuyos iones forma un compuesto poco soluble al reaccionar con una disolución ácida o básica, por ejemplo

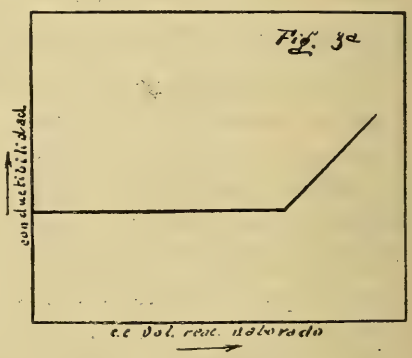
$$Cl_2Mg + 2NaOH = \\ = Mg(OH)_2 + 2ClNa,$$

o expresada en el sentido ionico, de esta otra manera:

$$2\overset{-}{Cl} + \overset{++}{Mg} + 2\overset{+}{Na} + 2\overset{-}{OH} = Mg(OH)_2 + 2\overset{-}{Cl} + \overset{+}{Na}.$$

La curva presenta entonces una forma análoga a la siguiente (fig. 3.ª), y cuya interpretación es fácil, según lo antes expuesto.

En todos los casos antes examinados, el punto de conductibilidad mínimo tiene un valor finito y distinto de cero. Es muy interesante, en teoría, el caso en que la disolución en el punto mínimo tenga una conductibilidad nula. Supongamos, por ejemplo, que a una disolución de SO_4Ag_2 se añaden cantidades progresivas de Cl_2Ba, y se determina la variación de la conductibilidad. La curva presenta entonces la siguiente forma (fig. 4.ª).



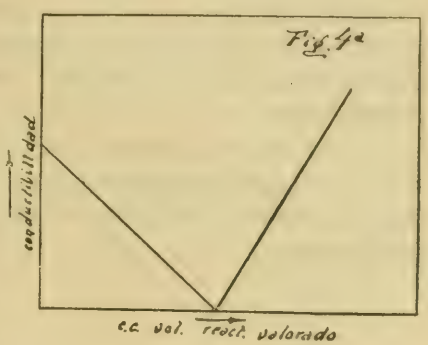
En este caso hay, en el punto mínimo, una anulación iónica casi completa, pues corresponde a las sumas de las conductibilidades de las disoluciones de $ClAg$ y SO_4Ba. En lo demás, nada de particular presenta el caso.

Aunque en teoría este método volumétrico, cuyo indicador es la conductibilidad mínima o máxima, parece de aplicación general, en la práctica es solamente aplicable cuando la diferencia de la movilidad iónica resulta bastante considerable; es decir, especialmente en los casos donde in-

tervienen los iones $\overset{+}{H}$ y $\overset{-}{OH}$. Por tal razón estos procedimientos reométricos se han aplicado con preferencia a los casos de acidimetría y gravimetría.

Se comprende evidentemente que los efectos hidrolíticos puedan alterar considerablemente los resultados del método, a poco marcada que sea la hidrolisis, puesto que en ella aparecen $\overset{+}{H}$ y OH, cuya influencia es muy marcada, áun siendo reducida su concentración.

En la gráfica que en tales casos se obtiene, se manifiesta el efecto hidrolítico porque el punto de conductibilidad mínima queda mal definido; es decir, se pasa de una rama a la otra de un modo gradual. Más adelante se verá algún caso de esta naturaleza.



Los procedimientos volumétricos por conductibilidad, fueron empleados por primera vez por Küster (Z. amorg. Chem. 42,225,1904) y sus colaboradores en un trabajo de extraordinaria precisión, en el que se demuestra que la volumetría del ácido clorhídrico, mediante legía de sosa, por medida de variación de conductibilidad, es un método muy superior en exactitud a los métodos volumétricos ordinarios.

Posteriormente aparecieron los trabajos bien conocidos de Dutoit, sobre lo que denominó volumetría físicaquímica (Jour de Physi: Chemi VIII, 1910, p. 12), y como consecuencia de ellos su aplicación a la medida de la acidez y del SO_4 en los vinos. Son también trabajos análogos los publicados por Suchtelen and. Ytalo *(Jour. Amer. Chem. Soc.* 36, 1798, 1914); que han aplicado el método reométrico para la determinación del momento final de algunas reacciones, tales como las producidas entre el nitrato de plata y el cloruro potásico; el sulfato potásico y nitrato de bario; el fosfato amónico y acetato de uranilo. Sin embargo, las determinaciones realizadas por estos autores no parecen suficientes para establecer la conveniencia del empleo reométrico en tales volumetrías.

Más tarde, H. S. Harned *(Jour. Amer. Chem. Soc.* 253, 1917) empleó el método reométrico para la volumetría de los sulfatos de algunos metales divalentes (magnesio, cobre, niquel, cobalto y cadmio) mediante una disolución valorada de hidróxido de bario, con resultados, según el autor, bastante favorables.

Excepción de un breve trabajo publicado por un ingeniero español, pensionado por nuestro Gobierno para hacer estudios con el profesor Dutoit en Lausana, sobre el estudio de volumetrías enológicas, y en el cual no se consigna dato experimental alguno, ni constituye variación en los métodos clásicos del profesor Dutoit, nada hay que nosotros conozcamos publicado en España sobre la aplicación de los métodos reométricos analíticos.

Nuestro propósito al trabajar en el asunto, fué el comparar este método con el volumétrico usual y juzgar de las ventajas que ofrece en la práctica corriente.

Cierto es que, correcciones complicadas, de carácter puramente teórico, puede establecer la posición de puntos mínimos o máximos relacionados con la concentración de los electrólitos disueltos, pero también es evidente que tales correcciones, por su mismo carácter no aplicables a la práctica usual.

A continuación exponemos todos los casos por nosotros estudiados, con los comentarios correspondientes, deduciendo su conveniencia y operando con diversas disoluciones de electrólitos en el mayor número de casos diferentes.

II

PARTE EXPERIMENTAL

Siendo uno de nuestros objetos el estudiar comparativamente y en las mismas condiciones los métodos volumétricos ordinarios y los reométricos para juzgar de las ventajas prácticas de éstos en los distintos casos estudiados, hemos realizado paralelamente la volumetría ordinaria con la determinación de la curva de conductibilidad correspondiente. Omitimos cuanto se refiera a aquélla, así como también las preparaciones de líquiquidos valorados, reactivos indicadores, comprobación y corrección del material empleado, etc., pues, además de ser estos detalles bien conocidos, darían mucha extensión a la presente Memoria.

Se han hecho las determinaciones reométricas siguiendo el método de Kohlrausch. El puente ha sido corregido previamente, y los electrodos platinados, etc. Las determinaciones reométricas se han hecho a la temperatura ordinaria, operando siempre con igual volumen de electrólito. A continuación consignamos los resultados numéricos obtenidos y su interpreta-

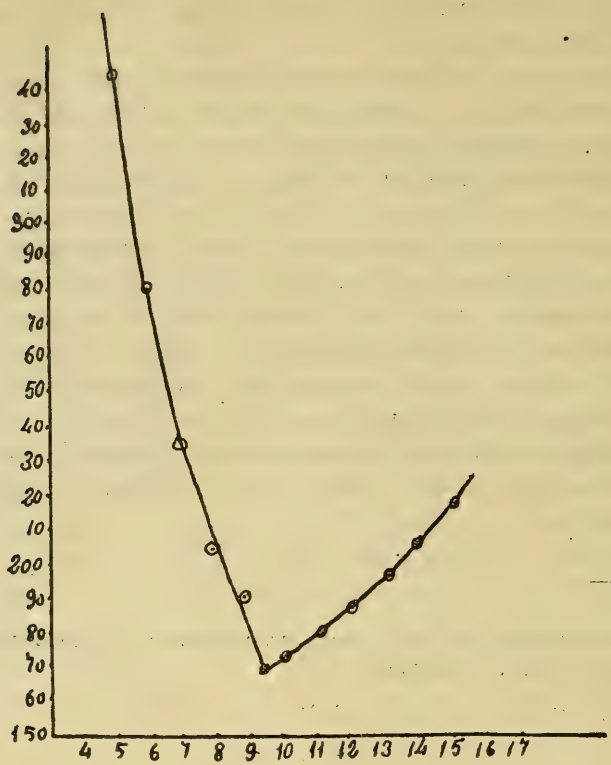
ción gráfica. De su estudio deduciremos las conclusiones a que, según nuestro criterio, conducen.

Todas las curvas se representarán del modo siguiente: en el eje de las ordenadas pondremos los números que representan los valores de los inversos de la resistencia expresada en ohmios (1), y en el eje de las abscisas los centímetros cúbicos de la disolución valorada empleados en cada caso. La curva, pues, expresa la de variación de conductibilidad. Estas curvas irán numeradas e intercaladas en el texto, correspondiendo su número a los datos numéricos de cada tabla. Tanto las tablas como las curvas se han repetido varias veces, con resultados concordantes.

Comenzamos con alguna acidimetría, en el mayor número de casos, entre ácidos fuertes, medios y débiles, con bases también fuertes, medias y débiles; siguen luego algunos casos especiales y nuevos, y terminamos con el estudio reométrico de la manganimetría. El trabajo finaliza con las conclusiones generales que, a nuestro juicio, se deducen de la parte experimental.

---

(1) Estos valores son, por lo tanto, proporcionales a la conductibilidad específica de la solución ensayada.



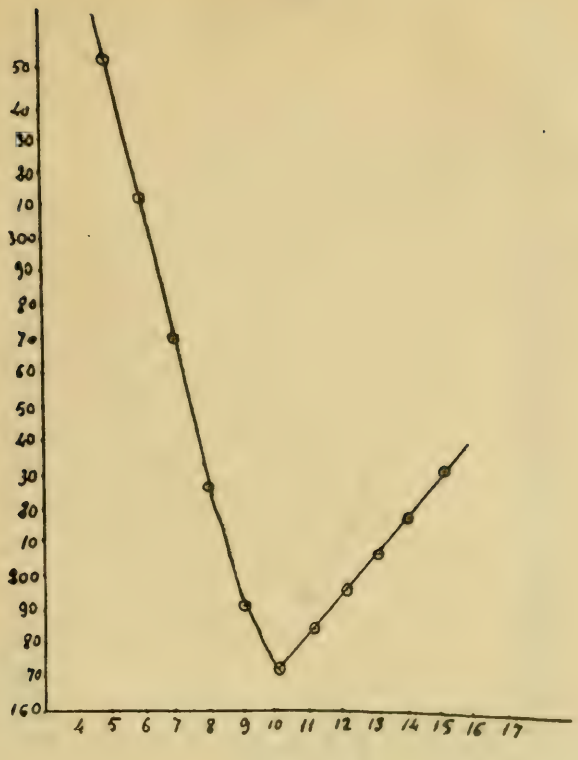
I

Acido clorhídrico normal con potasa normal.

			Conductibilidad.
10	c. c.	de ácido.	
5	»	de potasa	0,0344
6	»	»	0,0280
7	»	»	0,0235
8	»	»	0,0204
9	»	»	0,0191
10	» (v)	»	0,0172
11	»	»	0,0179
12	»	»	0,0185
13	»	»	0,0195
14	»	»	0,0205
15	»	»	0,0216

Observaciones: Volumetría ordinaria, 10 c. c. Temperatura constante, 20° C.

Observacicnes.—La curva presenta un mínimo bien marcado, que coincide con el punto de neutralización química. Su rama izquierda difiere bastante del trazado rectilíneo. A nuestro juicio, pudiera explicarse esto por la existencia, aun en pequeña proporción, de iones complejos, tales como $(HCl_2)''$, con lo cual la proporción del ión H se halla disminuída.



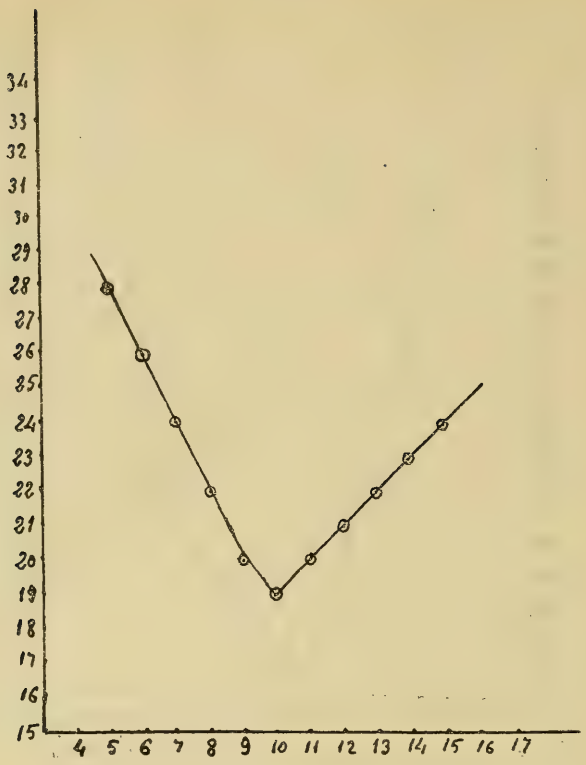
II

Acido clorhídrico $\frac{N}{10}$ con potasa $\frac{N}{10}$

			Conductibilidad.
10 c. c. de ácido.			
5	»	de potasa.....	0,0354
6	»	»	0,0312
7	»	»	0,0270
8	»	»	0,0227
9	»	»	0,0190
10	»	»	0,0172
11	»	»	0,0183
12	»	»	0,0196
13	»	»	0,0206
14	»	»	0,0217
25	»	»	0,0231

Observaciones: Volumetría ordinaria, 10 c. c. Temperatura constante, 20° C.

La misma observación que en el caso anterior, aunque admitiendo complejos iónicos en menor proporción.



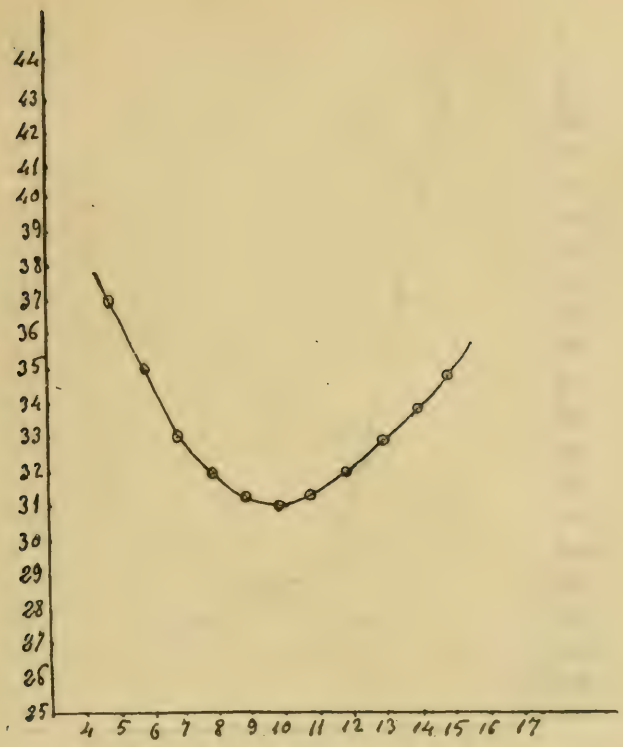
III

Acido clorhidaico $\frac{N}{100}$ con potasa $\frac{N}{100}$

			Conductibilidad
10 c. c. de ácido.			
5	»	de potasa.....	0,0028
6	»	»	0,0026
7	»	»	0,0024
8	»	»	0,0022
9	»	»	0,0020
10	»	»	0,0019
11	»	»	0,0020
12	»	»	0,0021
13	»	»	0,0022
14	»	»	0,0023
15	»	»	0,0024

Observaciones: Volumetría ordinaria, 10 c. c. Temperatura constante, 20° C.

Observaciones. -Complejos iónicos en proporción casi nula. Ramas casi rectilíneas, con punto anguloso bien definido.



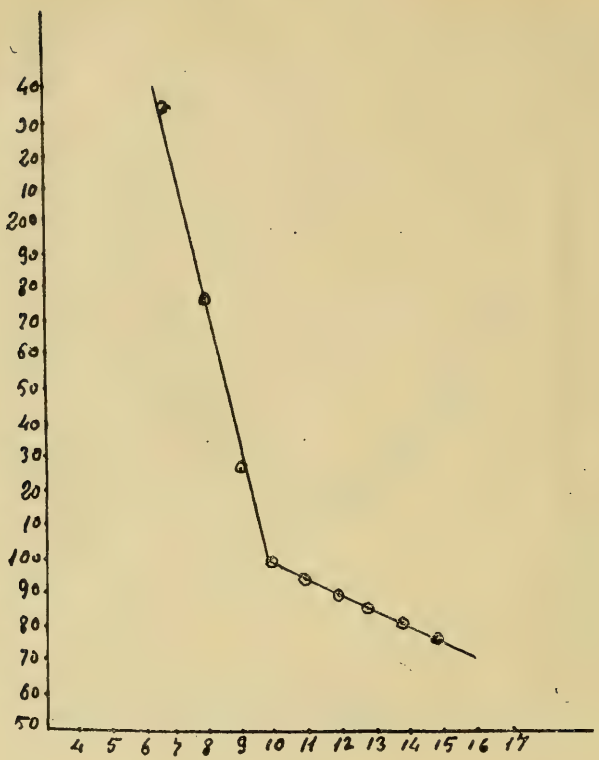
IV

Acido clorhídrico $\frac{N}{1000}$ con potasa $\frac{N}{1000}$

			Conductibilidad.
10 c. c.	de ácido.		
5	»	de potasa	0,00037
6	»	»	0,00035
7	»	»	0,00033
8	»	»	0,00032
9	»	»	0,000313
10	»	»	0,00031
11	»	»	0,000313
12	»	»	0,00032
13	»	»	0,00033
14	»	»	0,00034
15	»	»	0,00035

Observaciones: Volumetría ordinaria, 10 c. c. Temperatura constante, 20° C.

Observaciones.—Las ramas son rectilíneas en sus porciones extremas. El punto anguloso se transforma en punto de inflexión, explicable por ser en este caso muy pequeña la variación iónica relativa a ésta e inferiores concentraciones; no es aplicable, por lo tanto, la volumetría reométrica, a menos de tomar precauciones especiales (ausencia del carbónico, empleo de vidrios duros, etc.).



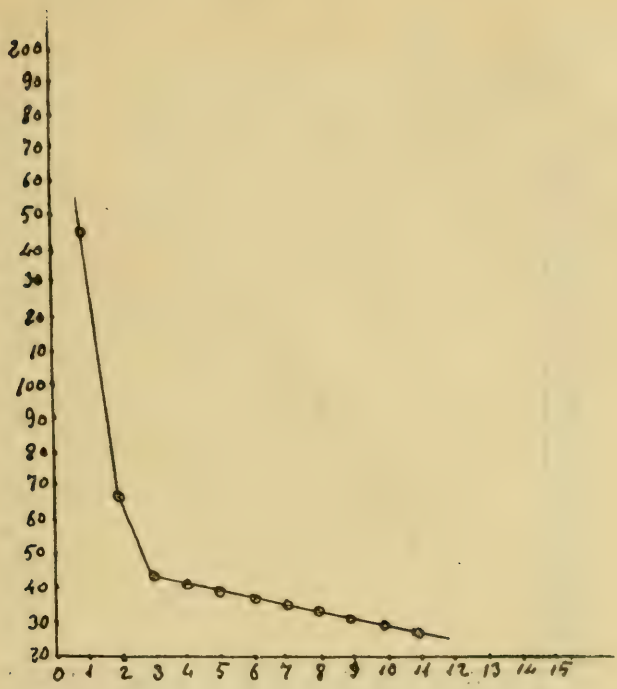
V

Acido clorhídrico normal con amoníaco normal.

				Conductibilidad.
10	c. c.	de ácido.		
5	»	de amoníaco	.....	0,0357
6	»	»	.....	0,0293
7	»	»	.....	0,0232
8	»	»	.....	0,0175
9	»	»	.....	0,0125
10	» (v)	»	.....	0,0098
11	»	»	.....	0,0092
12	»	»	.....	0,0089
13	»	»	.....	0,0083
14	»	»	.....	0,0080
15	»	»	.....	0,0075

Observaciones: Volumetría ordinaria, 10 c. c. Temperatura constante, 20° C.

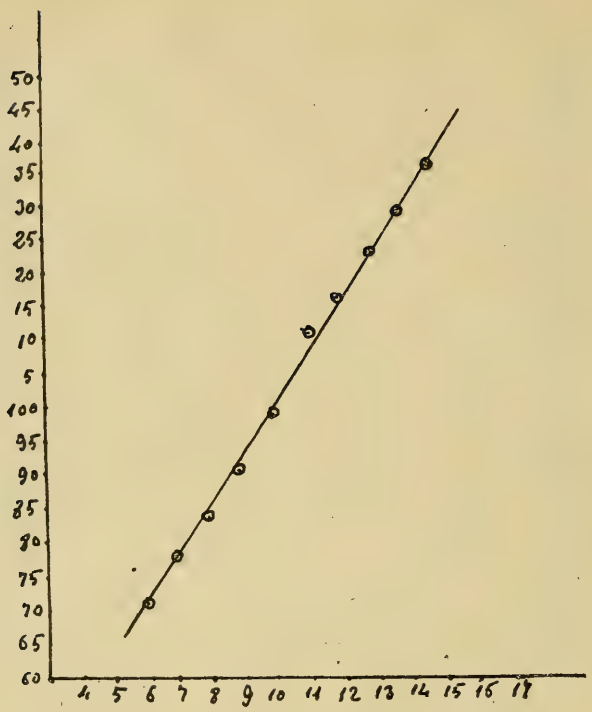
Observaciones.—Esta curva y la siguiente no difieren de la I más que en la dirección de la rama izquierda.



VI

Acido clorhídrico N con anilina.

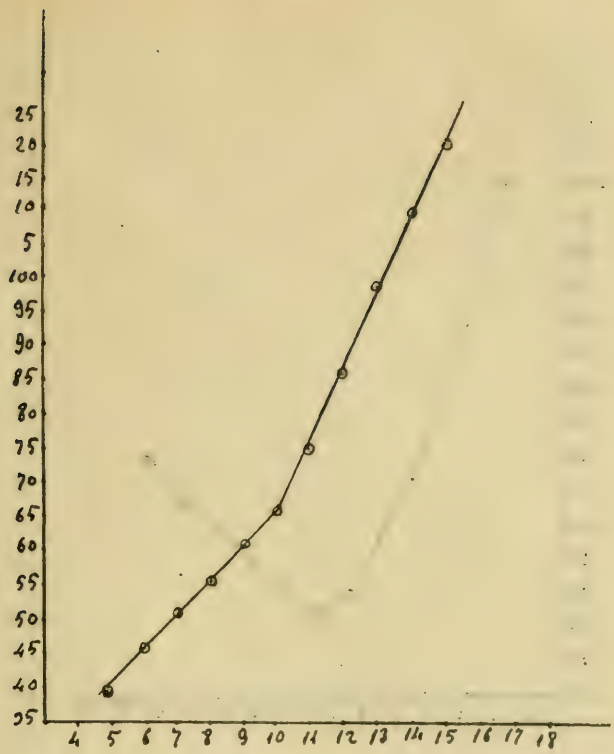
			Conductibilidad.
10 c. c.	de ácido.		
1 »	de anilina	.....	0,0147
2 »	»	.....	0,0068
3 »	»	.....	0,0045
4 »	»	.....	0,0042
5 »	»	.....	0,0039
6 »	»	.....	0,0037
7 »	»	.....	0,0035
8 »	»	.....	0,0033
9 »	»	.....	0,0031
10 »	»	.....	0,0029
11 »	»	.....	0,0027



VII

Acido bórico N (sin glicerina) con potasa N.

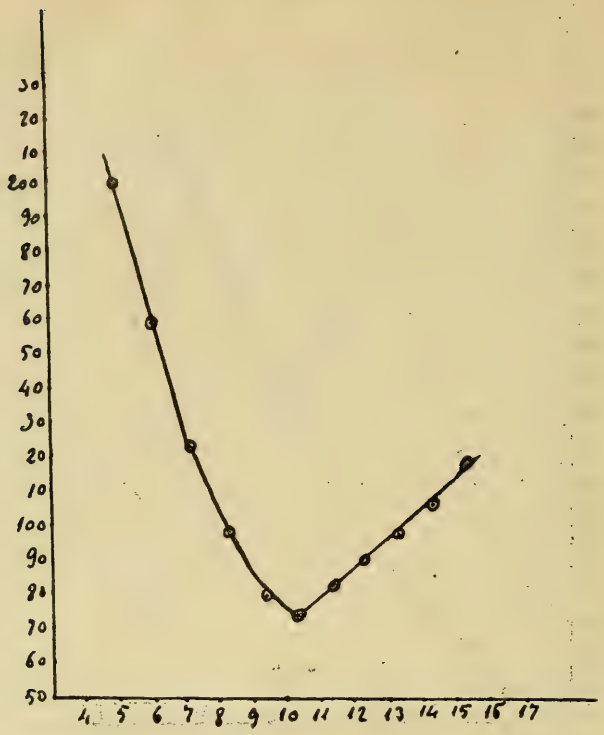
				Conductibilidad.
10	c. c.	de ácido bórico.		
5	»	de potasa	.....	0,0062
6	»	»	.....	0,0071
7	»	»	.....	0,0077
8	»	»	.....	0,0083
9	»	»	.....	0,0090
10	» (v)	»	.....	0,0098
11	»	»	.....	0,0111
12	»	»	.....	0,0115
13	»	»	.....	0,0122
14	»	»	.....	0,0128
15	»	»	.....	0,0135



VIII

Acido bórico N (con glicerina) y con potasa N.

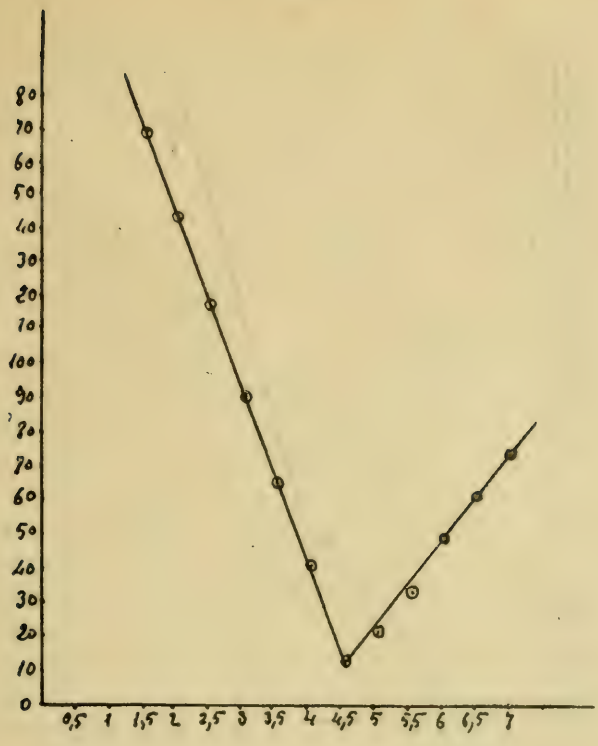
		Conductibilidad.
10	c. c. ácido bórico y glicerina.	
5	» de potasa	0,0038
6	» »	0,0045
7	» »	0,0050
8	» »	0,0055
9	» »	0,0061
10	» (v) »	0,0065
11	» »	0,0074
12	» »	0,0085
13	» »	0,0098
14	» »	0,0109
15	» »	0,0120



IX

Acido oxálico normal con potasa normal.

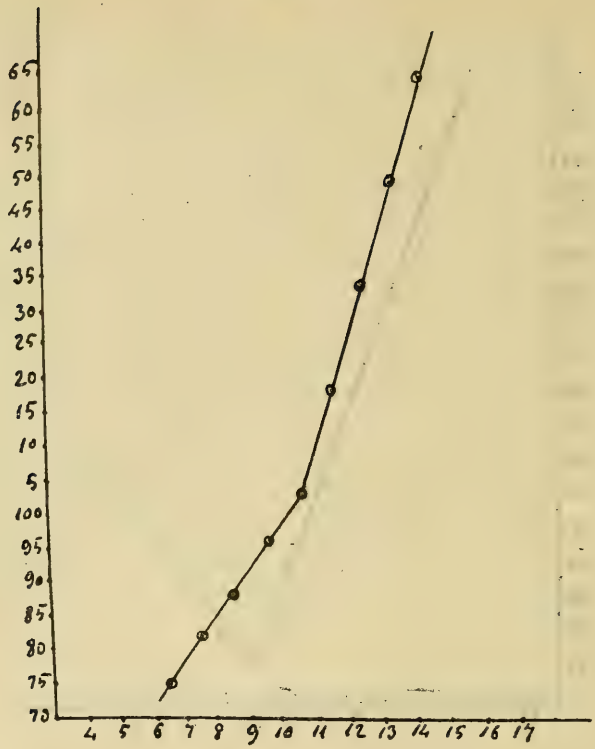
		Conductibilidad
10 c. c. de oxálico.		
5 » de potasa		0,0204
6 » »		0,0163
7 » »		0,0125
8 » »		0,0100
9 » »		0,0080
10 » (v) »		0,0076
11 » »		0,0083
12 » »		0,0090
13 » »		0,0098
14 » »		0,0106
15 » »		0,0119



X

Acido fluosilícico (con alcohol y con potasa).

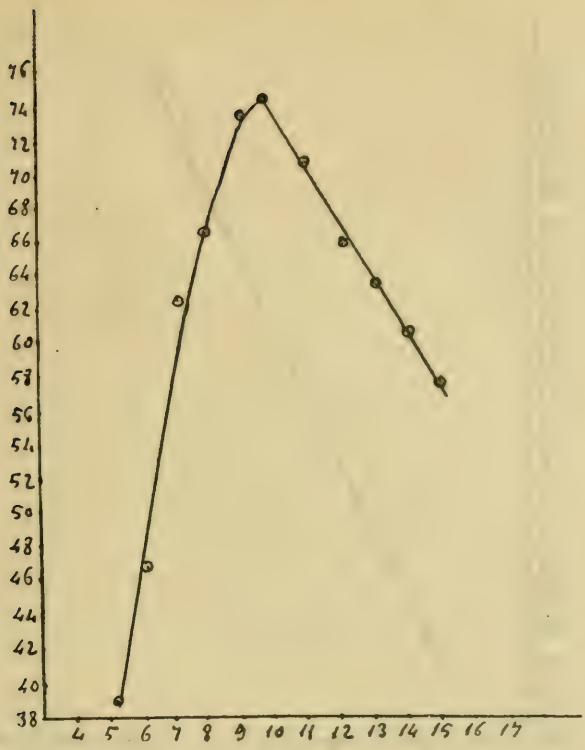
			Conductibilidad.
10	c. c.	de ácido fluosilícico.	
1,5	»	de potasa.....	0,00170
2	»	»	0,00145
2,5	»	»	0,00119
3	»	»	0,00092
3,5	»	»	0,00066
4	»	»	0,00040
4,5	»	»	0,00013
5	»	»	0,00020
5,5	»	»	0,00033
6	»	»	0,00048
6,5	»	»	0,00061
7	»	»	0,00075



XI

Acido acético normal con potasa normal.

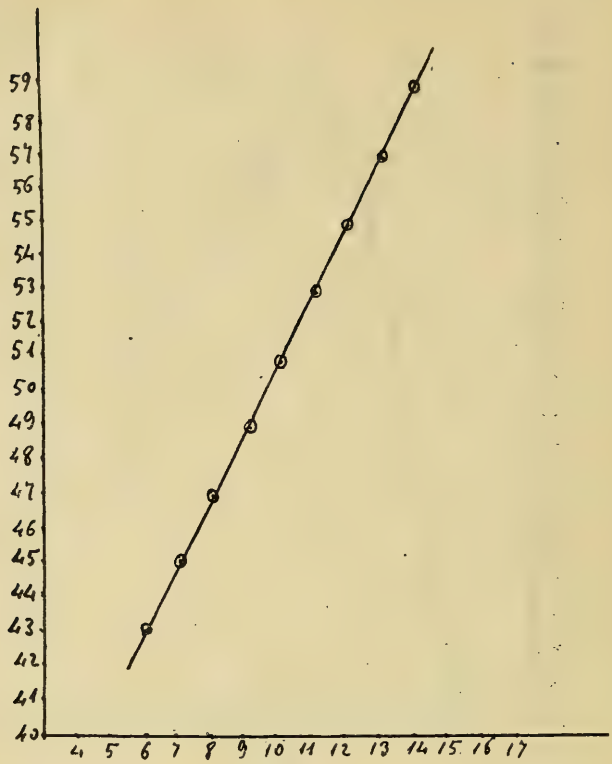
				Conductibilidad.
10 c. c.	de ácido acético.			
5	»	de potasa	.....	0,0070
6	»	»	.....	0,0077
7	»	»	.....	0,0084
8	»	»	.....	0,0098
9	»	»	.....	0,0098
10	» (v)	»	.....	0,0105
11	»	»	.....	0,0120
12	»	»	.....	0,0135
13	»	»	.....	0,0150
14	»	»	.....	0,0166
15	»	»	.....	0,0181



XII

Acido acético normal con amoníaco normal.

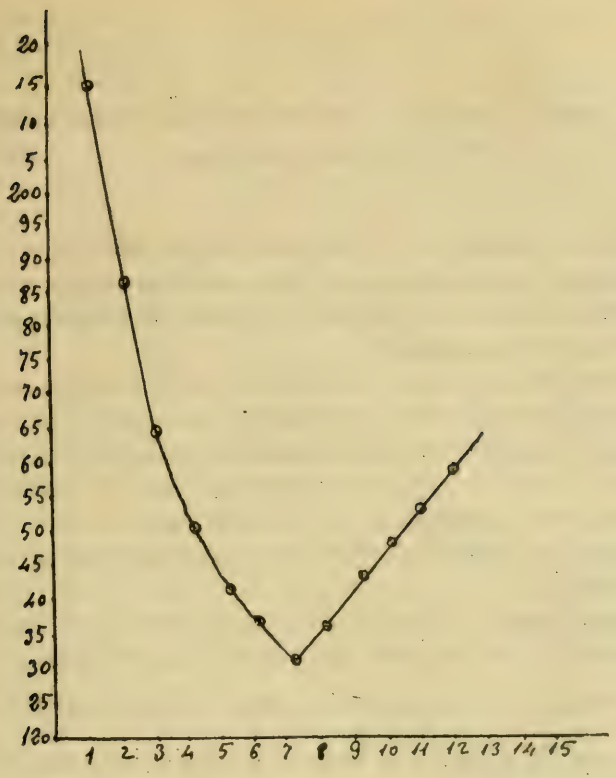
		Conductibilidad.
10	c. c. de ácido acético.	
5	» de amoníaco	0,0039
6	» »	0,0047
7	» »	0,0063
8	» »	0,0067
9	» »	0,0074
10	» (v) »	0,0075
11	» »	0,0071
12	» »	0,0066
13	» »	0,0064
14	» »	0,0061
15	» »	0,0058



XIII

Acido acético con anilina.

				Conductibilidad.
10	c. c.	de acético.		
5	»	de anilina	.....	0,0040
6	»	»	.....	0,0043
7	»	»	.....	0,0045
8	»	»	.....	0,0047
9	»	»	.....	0,0049
10	»	»	.....	0,0051
11	»	»	.....	0,0053
12	»	»	.....	0,0055
13	»	»	.....	0,0057
14	»	»	.....	0,0059
15	»	»	.....	0,0061



XIV

Agua de cloro con potasa.

			Conductibilidad.
10	c.c.	agua de cloro.	
1	»	de potasa.....	0,0217
2	»	»	0,0188
3	»	»	0,0166
4	»	»	0,0151
5	»	»	0,0142
6	»	»	0,0138
7	»	»	0,0131
8	»	»	0,0136
9	»	»	0,0144
10	»	»	0,0148
11	»	»	0,0153
12	»	»	0,0159

APLICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS REOMÉTRICOS EN ALGUNAS OXIMETRÍAS.

Ya hemos indicado que, si en teoría los procedimientos reométricos son aplicables a todos los casos en que un par iónico es sustituído por otro de distinta movilidad, en la práctica se utilizan sólo cuando la diferencia de movilidad es considerable.

Teniendo en cuenta que el catión hidrógeno y el anión oxhidrilo tienen una movilidad que es respectivamente unas cinco y tres veces superior a la medida de los demás iones en las condiciones usuales, se comprende que el método reométrico será especialmente aplicable en aquellos casos en que se produzca o destruya de un modo cuantitativo un ácido o una base. A esta categoría corresponden casi todas las volumetrías de oxidación y de reducción.

Si consideramos, por ejemplo, la ecuación química que expresa la acción oxidante del permanganato potásico en disolución ácida:

$$2MnO_4K_2 + 3 . SO_4H_2 = 2 . SO_4Mn + SO_4K_2 + 3H_2O + 5O,$$

veremos que, en efecto, la degradación del anión permangánico va acompañada de la eliminación del catión hidrógeno, y, por lo tanto, es de prever que puede servir como fundamento de un método reométrico.

Si se examina la ecuación anterior, produce extrañeza, en primer lugar, su elevado orden, y más aún, teniendo en cuenta que si se considera como simultánea la oxidación de la sustancia oxidable, por ejemplo:

$$2MnO_4K + 10 . SO_4\overline{F}e + 8 . SO_4H_2 = 5(SO_4)_3Fe_2 + SO_4K_2 + SO_4 Mn + 8H_2O,$$

resultará una reacción de vigésimo grado, cuya probabilidad es casi nula, según los criterios actuales en cinética química. Sin embargo, dicha ecuación expresa cuantitativamente, de un modo exacto, la relación entre las cantidades de permanganato y de sustancia reductora, hasta el punto de que con los excelentes permanganatos comerciales de la actualidad, se pueden preparar, por pesada directa de la sal, disoluciones de normalidad casi exacta, calculando las cantidades de permanganato por la ecuación anterior. Muy distinto es lo que ocurre con la cantidad del ácido. Es in-

dudable que la tal ecuación expresa un valor máximo, aunque en la práctica resulta insuficiente por completo.

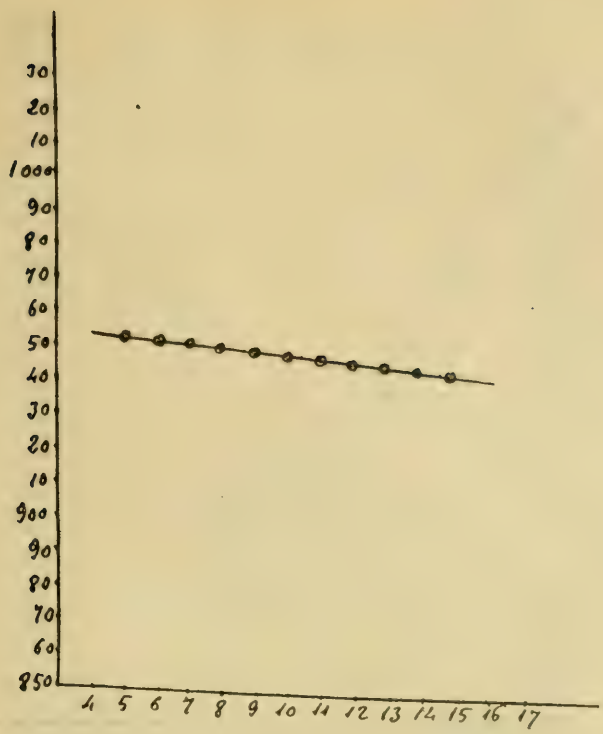
Todos los autores, por ejemplo: Classeu, *Theorie und Praxis der Massanalyse*, pág. 312, 1912; Treadwell, *Lehrbuch der analytischen Chemie* II, pág. 503, 1911, etc., recomiendan emplear un gran exceso de ácido, cosa de unos cinco centímetros cúbicos de ácido sulfúrico concentrado por cada ciento de disolución, cuya cantidad, según demuestra un sencillo cálculo, es de ciento a mil veces superior de la necesaria, conforme a la ecuación anterior, al operar con disoluciones decinormales. Además, el ácido empleado (aparte de otras condiciones), ha de ser un ácido fuerte. Ningún autor que conozcamos consigna las razones teóricas que justifiquen tal modo de operar, pero es innegable que, en la práctica, ateniéndose a estas condiciones, la volumetría con el permanganato resultan de una precisión y de una sensibilidad tales, que no son superadas por ningún otro método volumétrico.

Si se intenta practicar la volumetría, empleando la cantidad teórica del ácido, la adición de los primeros c. c. del permanganato, producen una coloración parda amarillenta, que pasa a rojiza después, separándose un precipitado pardo oscuro, constituído, al parecer, por un hidrato de peróxido de manganeso en el caso más sencillo. Lo mismo ocurre si la cantidad del ácido añadida es hasta diez veces la teórica, o cuando es nula. Además, una vez producida la coloración rojiza indicada no desaparece, ni tampoco el precipitado, al añadir el gran exceso de ácido prescrito normalmente. Cosa análoga ocurre cuando se emplea un ácido débil, el bórico, por ejemplo, exceptuando el sulfuroso.

A nuestro juicio, los fenómenos reseñados se explican claramente con el criterio de la química de coloides. Creemos, pues, que la disolución de permanganato se reduce directamente, en frío o en caliente, en presencia de ciertas sustancias reductoras, y que los compuestos de manganeso producidos en esta reducción, quedán momentáneamente en disolución coloidal y se coagulan después. En semejante hipótesis, el ácido fuerte empleado en exceso, funciona a modo de peptonizante de estos coloides irreversibles. Para justificarlo experimentalmente hemos realizado las determinaciones reométricas que a continuación exponemos. En todas ellas se empleó una disolución $\frac{N}{10}$ de sulfato ferroso y disolución próximamente $\frac{N}{10}$ de permanganato. La disolución ferrosa $\frac{N}{10}$ se diluyó con un volumen de agua determinado, se agregó luego la cantidad de ácido indicado en cada caso, y después, gradualmente, la disolución de permangana-

to, midiendo, a la vez, la conductibilidad de la disolución. Cada diez centímetros cúbicos de disolución $\frac{N}{10}$ de sal ferrosa equivalían (operando en la forma clásica), a 9,7 — 9,8 c. c. de disolución de permanganato.

En las tablas siguientes, los factores de la conductibilidad sirven únicamente para indicar la marcha de la reacción, careciendo, por tanto, de valor absoluto.

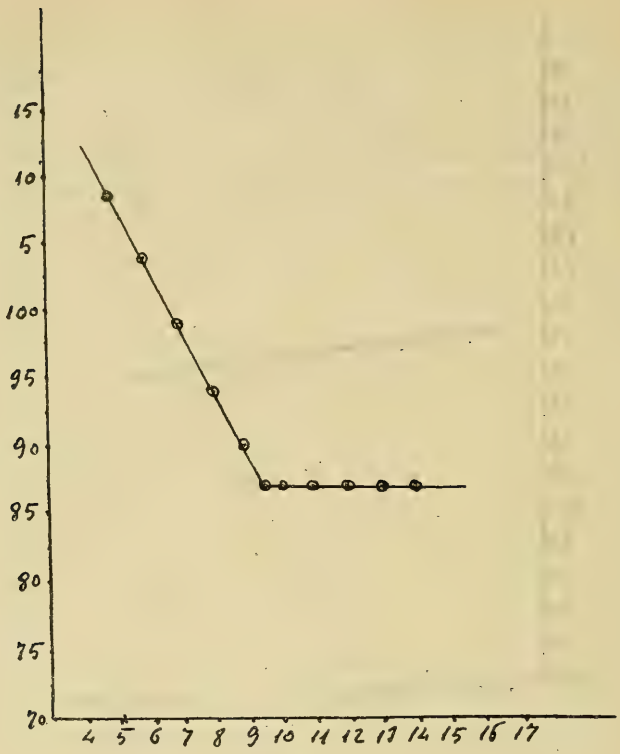


XV

10 c. c. sal ferrosa y 1 c. c. de ácido concentrado.

			Conductibilidad.
100	c. c.	de agua.	
5	»	de permanganato.....	0,0952
6	»	»	0,0951
7	»	»	0,0950
8	»	»	0,0949
9	»	»	0,0948
10	»	»	0,0947
11	»	»	0,0946
12	»	»	0,0945
13	»	»	0,0944
14	»	»	0,0943
15	»	»	0,0942

Observaciones.—Si se determina la conductibilidad de una disolución de sal ferrosa, la cantidad de ácido concentrado que prescriben los autores (basta la tercera parte) a la que se añade la disolución $\frac{N}{10}$ de permanganato, se observa que la conductibilidad permanece casi constante, en la forma que indican la tabla I y la gráfica. Lo mismo ocurre cuando la cantidad del ácido añadido es la ectrictamente necesaria para evitar la formación del coloide mangánico (una tercera parte de la prescrita por los autores). La razón de este hecho se



XVI

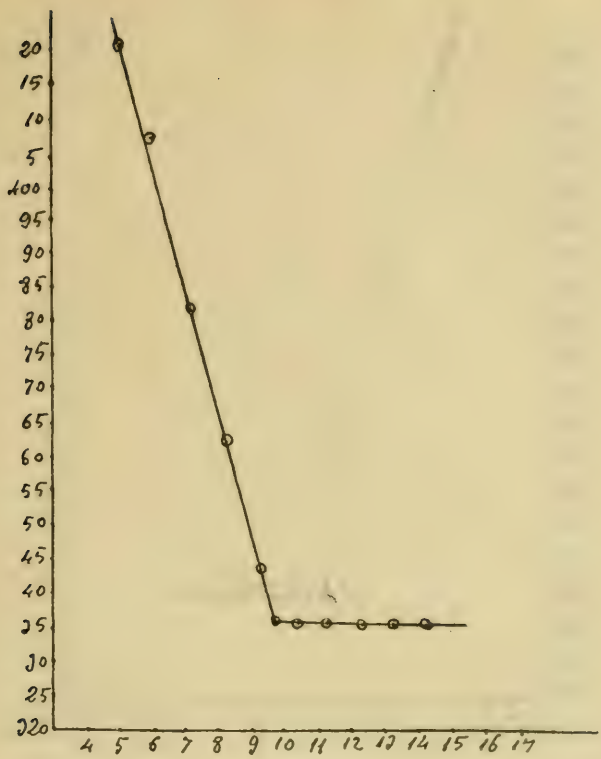
10 c. c. sal ferrosa y 10 c. c. de ácido diluído
(es decir, la cantidad teórica de ácido según la ecuación usual.)

			Conductibilidad.
100	c. c.	de agua.	
5	»	de permanganato.....	0,0109
6	»	»	0,0104
7	»	»	0,0099
8	»	»	0,0094
9	»	»	0,0090
9,5	»	»	0,0087
10	»	»	0,0087
11	»	»	0,0087
12	»	»	0,0087
13	»	»	0,0087
14	»	»	0,0087

Volumetría ordinaria 9, 7. Temperatura, 23°.

halla en que la conductibilidad de la disolución es debida casi exclusivamente al ión H, cuya concentración es enormemente superior a la de los demás iones y apenas varía por la adición del permanganato.

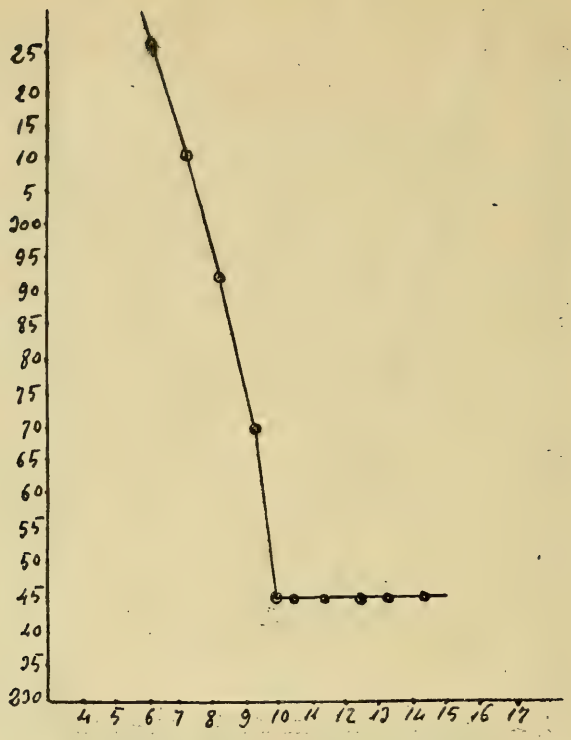
Se han hecho también determinaciones de la conductibilidad en presencia de cantidades diferentes de ácido, obteniendo los resultados que se consignan en las tablas II, III, IV y V, y representadas gráficamente en las curvas 2, 3, 4 y 5.



XVII

10 c. c. sal ferrosa.
0 c. c. de ácido teórico.

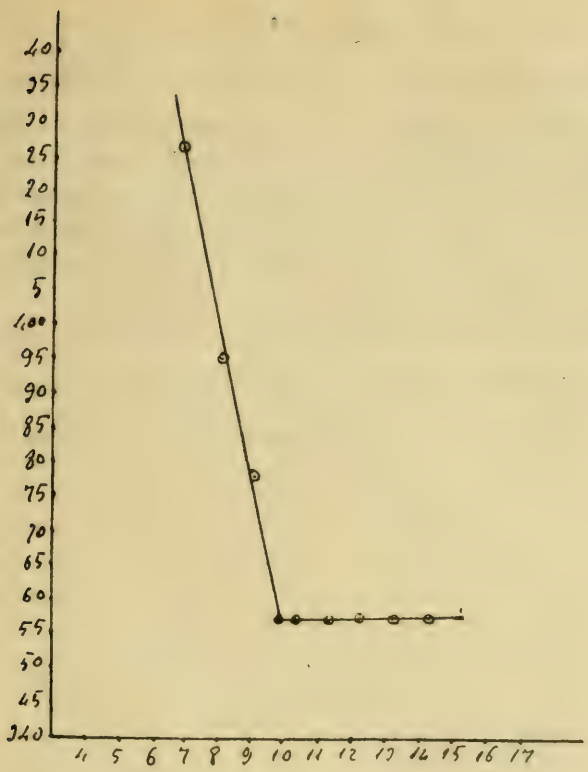
100	c. c. de agua.		
5	»	de permanganato.....	0,0422
6	»	»	0,0408
7	»	»	0,0383
8	»	»	0,0363
9	»	»	0,0344
9,5	»	»	0,0336
10	»	»	0,0336
11	»	»	0,0336
12	»	»	0,0336
13	»	»	0,0336
14	»	»	0,0336



XVIII

10 c. c. sal ferrosa.—5 c. c. ácido teórico (es decir, la mitad de la cantidad necesaria de ácido, según la ecuación usual).

100	c. c.	de agua.	
5	»	de permanganato.....	0,0357
6	»	»	0,0328
7	»	»	0,0312
8	»	»	0,0294
9	»	»	0,0271
9,5	»	»	0,0246
10	»	»	0,0246
11	»	»	0,0246
12	»	»	0,0246
13	»	»	0,0246
14	»	»	0,0246



XIX

10 c. c. sal ferrosa.—20 c. c. ácido teórico (es decir, doble cantidad de ácido de la necesaria según la ecuación usual).

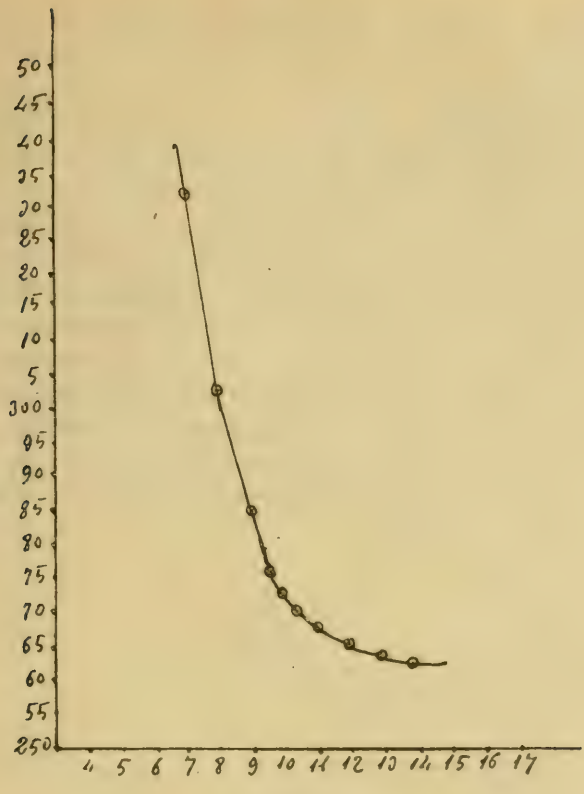
100	c. c. de agua.		
5	»	de permanganato.....	0,0490
6	»	»	0,0454
7	»	»	0,0428
8	»	»	0,0396
9	»	»	0,0379
9,5	»	»	0,0358
10	»	»	0,0358
11	»	»	0,0358
12	»	»	0,0358
13	»	»	0,0358
14	«	»	0,0358

Observaciones.—Ninguna diferencia esencial se aprecia al cotejar las curvas XVI, XVII, XVIII y XIX, aunque la cantidad de ácido añadido fué, respectivamente, la nula teórica, la mitad y doble de la calculada según la ecuación:

$$2MNO_4K + 10SO_4Fe + 8SO_4H_2 = 5(SO_4)_3Fe_2 + 2SO_4Mn + SO_4K + 8H_2O.$$

Por esta parte, el punto anguloso en las cuatro curvas, indicador del fin de la oxidación, se halla en igual abscisa (9,6 c. c. de disolución $\frac{N}{10}$ de permanganato, cuyo volumen es casi exactamente el que se emplea al realizar la volumetría empleando 10 c. c. de la disolución de sal ferrosa y procediendo en la forma clásica). Por lo tanto, en nuestro sentir, puede deducirse que la *concentración del ácido no desempeña una función esencial para las oxidaciones producidas con el permanganato.* La función del ácido debe ser, pues, de carácter secundario.

Para observar el efecto de la dilución, se practicó la volumetría siguiente, empleando la disolución $\frac{N}{10}$ de sal ferrosa sin dilución posterior, ni adición de ácido, con el resultado que se indica a continuación:



XX

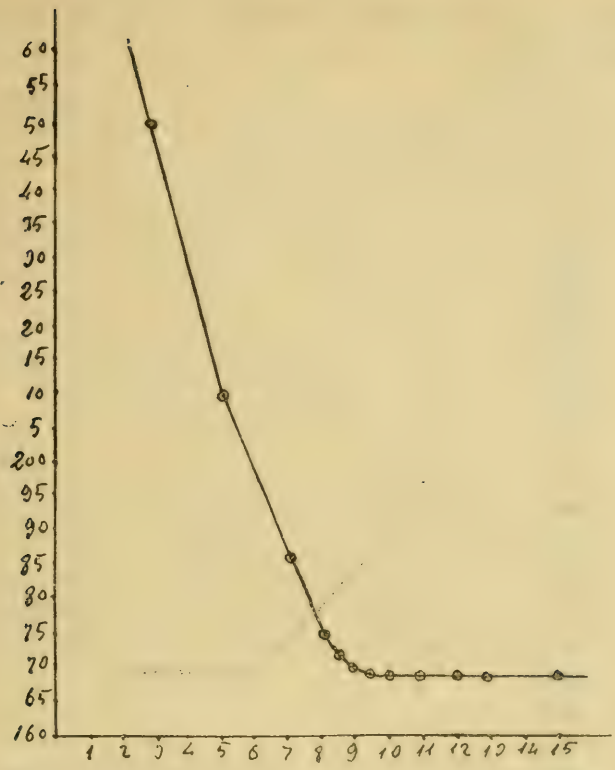
10 c. c. sal ferrosa.
10 c. c. ácido teórico.

0	c. c. de agua.		
5	» de permanganato	.....	0,0400
6	» »	.....	0,0360
7	» »	.....	0,0333
8	» »	.....	0,0303
9	» »	.....	0,0285
9,5	» »	.....	0,0276
10	» »	.....	0,0273
11	» »	.....	0,0268
12	» »	.....	0,0266
13	» »	.....	0,0264
14	» »	.....	0,0263

Tomando una escala conveniente, todas estas curvas son superponibles. En todas hay una rama que desciende con rapidez, lo que, probablemente, es debido a la destrucción del ion H—procedente del ácido añadido o del formado en la hidrólisis de la sal ferrosa—, y la otra rama queda horizontal. Desde el punto de vista práctico, el exceso de ácido evita la formación

del precipitado, disolviendo, sin duda, los hidróxidos que forman, y en cuya presencia, en la volumetría del permanganato, no varía la coloración final, operando en la forma corriente.

A nuestro juicio, por lo tanto, la volumetría del permanganato debe realizarse en dos fases: una, la de oxidación propiamente dicha, que, dentro de ciertos límites, se verifica con independencia de la concentración del ácido añadido; y otra, la de la disolución de los coloides manganosos que se forman. Procediendo en forma ordinaria, las dos fases son indispensables, pero al medir la conductibilidad puede prescindirse de la segunda. Prácticamente se conoce, desde hace tiempo, el efecto del ácido y la existencia de ambas fases de reacción, y se ha notado que la segunda es más lenta que la primera. Esto se atribuía a un efecto catalítico de la sal manganosa formada, pero nosotros dudamos de la veracidad de tal aserto, porque las sales manganosas, en las condiciones de dilución en que se opera, no tienen propiedades catalíticas en tal grado, para otras reacciones.



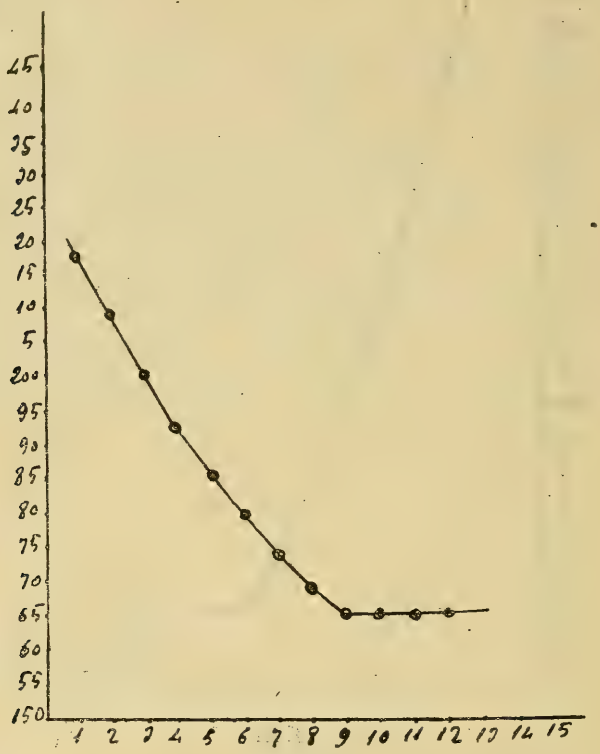
XXI

10 c. c. sal ferrosa $\frac{N}{10}$ } aproximadamente,
5 c. c. ácido teórico $\frac{N}{10}$ } T. 21°

			Conductibilidad.
100	c. c. de agua.		
1	»	de permanganato.....	0,0294
3	»	»	0,0250
5	»	»	0,0210
7	»	»	0,0186
8	»	»	0,0175
8,5	»	»	0,0172
9	»	»	0,0170
9,5	» (v)	»	0,0169
10	»	»	0,0169
11	»	»	0,0169
13	»	»	0,0169
15	»	»	0,0169
17	»	»	0,0169

En el presente caso se ha prolongado la adición del permanganato hasta un considerable exceso. La curva correspondiente demuestra que

no se produce ninguna reacción posterior al operar en las condiciones indicadas.



XXII

10 c. c. sal ferrosa $\frac{N.}{10}$
10 c. c. sal cobalto $\frac{N.}{10}$ } aproximadamente.
10 c. c. ácido $\frac{N.}{10}$

		Conductibilidad.
100 c. c. de agua.		
1 »	de permanganato.....	0,0217
2 »	»	0,0209
3 »	»	0,0200
4 »	»	0,0192
5 »	»	0,0185
6 »	»	0,0179
7 »	»	0,0173
8 »	»	0,0169
9 »	»	0,0165
10 »	»	0,0165
11 »	»	0,0165
12 »	»	0,0165

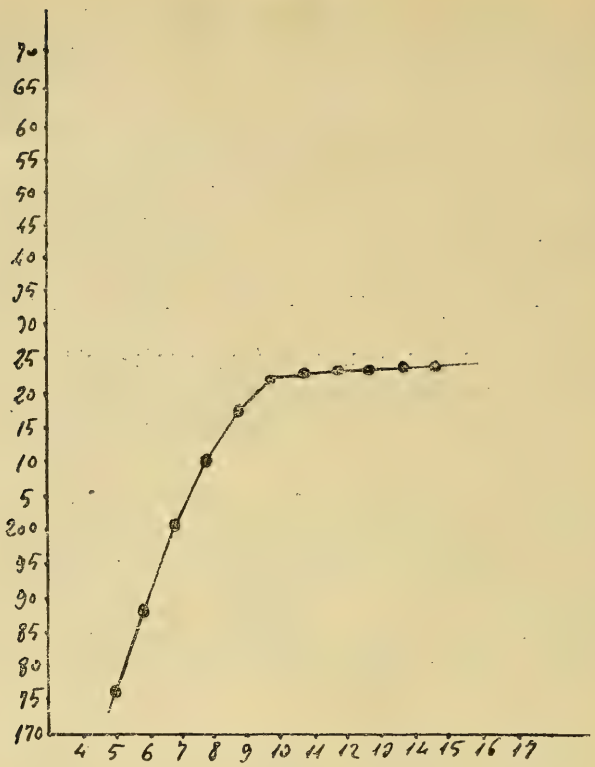
La presencia de sales que no reduzcan la disolución del permanganato en las condiciones en que se opera, no es inconvente para la volumetría reométrica. En el presente caso se confirma esto experimentalmente, operando en presencia de una sal cobaltosa, que por cierto impedirá reconocer el fin de la reacción al operar en esta forma clásica.

Veamos si en otros casos la oxidación con permanganato se realiza en forma análoga. En la oxidación de las sales manganosas con permanganato, en disolución neutra, se admite que se produce la reacción siguiente:

$$3\,SO_4Mn + 2\,MnO_4K + 2H_2O = 5\,MnO_2 + SO_4K_2 + 2\,SO_4H_2.$$

En teoría se acepta, por lo tanto, la formación de ácido en esta volumetría, es decir, lo contrario de lo que sucede en la oxidación de las sales ferrosas, y, por eso, las curvas también tienen forma contraria a las anteriores.

A continuación consignamos alguna de las curvas halladas, que, al parecer, confirma la certeza de la ecuación antes indicada; pues el rápido incremento de la conductibilidad demuestra la formación de un ácido, es decir, lo contrario que ocurre en la volumetría de la sal ferrosa aun en disolución neutra. En este caso, último que examinamos, la volumetría reométrica parece ofrecer ventajas sobre el método volumétrico usual.



XXIII

Sal manganosa $\frac{N.}{10}$ y permanganato $\frac{N.}{10}$
10 c. c. sal mangan.ª $\frac{N.}{10}$ ..... } aproximadamente.

		Conductibilidad.
5	c. c. de permanganato.....	0,0177
6	» »	0,0189
7	» »	0,0202
8	» »	0,0211
9	» »	0,0218
10	» »	0,0223
11	» »	0,0224
12	» »	0,0224
13	» »	0,0224
14	» »	0,0224
15	» »	0,0224

RESUMEN

I. Se ha expuesto, en términos generales, la teoría del método volumétrico, al emplear la conductibilidad eléctrica como indicador, resumiendo ligeramente los trabajos más importantes que hasta el día se han publicado acerca del asunto.

II. Se han estudiado las ventajas de este método en la práctica corriente, no hallando, a nuestro juicio, ninguna especial, que justifique su empleo exclusivo. Sin embargo, es evidente que en algunos casos especiales puede sustituir con ventaja el ordinario.

III. Hemos aplicado el procedimiento reométrico a algunos casos nuevos.

IV. Se ha efectuado el estudio reométrico de la oxidación de las sales ferrosas por el permanganato potásico decinormal, y se ha establecido para este caso, por lo menos, una teoría razonada de la reacción que, aunque incompleta, aclara alguna de las circunstancias mal explicadas hasta ahora de ella.

V. En la oxidación de las sales manganosas por el permanganato potásico, en disolución neutra, se ha comprobado la exactitud de la ecuación correspondiente.

Los trabajos prácticos se han realizado en los laboratorios de las cátedras de Química general y Análisis químico especial de la Universidad, a cuyo catedrático doctor Piñerúa, y profesor auxiliar doctor don León Gómez, hacemos constar el mayor agradecimiento por todo cuanto a lograr nuestro propósito han contribuído.

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE TOMO

Páginas

Constitución de la Academia en 1.º de julio de 1918:

Académicos de número..... 5
Académicos Corresponsales nacionales..... 7
Académicos Corresponsales extranjeros..... 7

Estudio de los caracteres métricos y morfológicos del cuerpo de los peces, por *Luis Lozano y Rey*..... 9 y 142

Nueva teoría para el desarrollo de las ecuaciones finales, por *Gualterio M. Seco*..... 40

Adiciones a la fauna de anélidos del Cantábrico, por *Enrique Rioja*.... 54

Éteres y ésteres halogenados, por *José Puyal Gil*..... 80 y 217

Reflexiones acerca de la resolución de las ecuaciones algébricas numéricas por el método de Gräffe, por *Vicente Ventosa*. (Apéndice)..... 113

Teoremas nuevos, por *Nicolás de Ugarte*..... 132

Don Eduardo Torroja, por *Miguel Vegas*..... 136

Nuevo método para medir la velocidad de la luz. Determinación de algunas constantes físicas que dependen de la medida de pequeños intervalos de tiempo, por *Pedro Carrasco Garrorena*..... 201 y 340

Revisión crítica de las especies peninsulares del género Viola, por *B. Lázaro e Ibiza*..... 249 y 391

Estudio analítico de los aceites de oliva españoles, por *Obdulio Fernández y F. Bustamante*..... 281

Algunos insectos Neurópteros de la República Argentina, serie tercera, por el *R. P. Longinos Navás, S. J.*..... 287

Nota preliminar acerca de silicatos naturales españoles, por *L. Fernández Navarro*..... 306

Cuestiones espectroquímicas, por *Ángel del Campo*..... 326

Contribución a la revisión del peso atómico del carbono. Determinación de la densidad normal del gas etileno, por *Tomás Batuecas*..... 358

Las bauxitas de Cataluña, por *José R. Bataller Calatayud, presbítero*.. 422

El principio de Doppler-Fizeau en su relación con la ley de Kirchhoff, por *Luis Rodés, S. J.*..... 471

Estudio sobre el método de volumetría reométrica en sus aplicaciones al análisis químico, por *Vicente Villumbrales Martínez*..... 488

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE NÚMERO

Páginas.

I. Revisión crítica de las especies peninsulares del género Viola, por *B. Lázaro e Ibiza*. (Conclusión.)..... 391

II. Las bauxitas de Cataluña, por *José R. Bataller Calatayud, presbítero*..... 422

III. El principio de Doppler-Fizeau en su relación con la ley de Kirchhoff, por *Luis Rodés, S. J.*..... 471

IV. Estudio sobre el método de volumetría reométrica en sus aplicaciones al análisis químico, por *Vicente Villumbrales Martínez*..... 488

La suscripción a esta Revista se hace por tomos completos, de 500 a 600 páginas, al precio de 12 pesetas en España y 12 francos en el extranjero, en la Secretaría de la Academia, calle de Valverde, número 26, Madrid.

Precio de este cuaderno: **1,50 pesetas.**

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01224 1667